

**UNIVERSIDAD DE BURGOS**

**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**

**ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

**Departamento de didácticas específicas**



**Aprendizaje Significativo del Concepto de Energía, a partir  
de una Acción Integrada Escuela-Museo. Una Experiencia  
para la Alfabetización Científica en la Escuela vía Interacción  
con la Exposición Experimental de la Usina Ciencia.**

**TESIS DOCTORAL**

**Antonio José Ornellas Farias**

**Burgos, julio de 2012**



**UNIVERSIDAD DE BURGOS**

**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**

**ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

**Departamento De Didácticas Específicas**



**APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL CONCEPTO DE  
ENERGÍA, A PARTIR DE UNA ACCIÓN INTEGRADA  
ESCUELA-MUSEO. UNA EXPERIENCIA PARA LA  
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA EN LA ESCUELA VÍA  
INTERACCIÓN CON LA EXPOSICIÓN EXPERIMENTAL  
DE LA USINA CIENCIA.**

**TESIS DOCTORAL**

Tesis Doctoral realizada por Antonio Jose  
Ornellas Farias, para optar al Grado de  
Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la  
Dirección del Profesor Dr. Marco Antonio  
Moreira y coirección de la Profesora Dr<sup>a</sup>.  
Iramaia Jorge Cabral de Paulo

**BURGOS, JULIO DE 2012**



## **DEDICATORIA**

Para mis padres José y Aydil, in memoriam, con gratitud eterna.

Para mis hijos Andre, Antonio y Angelo y que sirva como ejemplo, que la formación de las personas es permanente mientras existan objetivos en la vida.



## **AGRADECIMIENTOS**

A Consesa, Iramaia y Marco Antonio, que participaron en el curso de este programa como orientadores y a los demás profesores que ministraron las disciplinas que contribuyeron en nuestra formación.

A todos los colegas del programa por la amistad, cooperación y debates que enriquecieron nuestra formación, en el curso intensivo de las asignaturas del programa, en especial atención a Cisaltina (in memoriam).

A Sandra Valeria, compañera e incentivadora en todos los momentos.

Agradecimientos a mis compañeros del Instituto de Física y de la Usina Ciencia por los incentivos, colaboración y las exigencias que sucedieron durante esta jornada, en especial para Reinaldo, Jenner y Socorro.

Es menester agradecer al nuevo amigo Blademir Morales que mucho más que un profesional en traducción, busco involucrarse con la descripción de los pensamientos del autor, al punto de intentar ayudar a mejorar el trabajo



## RESUMEN

El objetivo de este estudio es investigar y saber si los experimentos relativos a un recorte sobre el tema energía de la exposición regular del Centros de Ciencias (Usina Ciencia-UFAL), consigue desempeñar un papel más efectivo en el aprendizaje significativo del alumno, cuando la visita a la exposición se hace de forma integrada a la programación de la disciplina de Física/ciencias de la escuela. Teníamos la intención de acompañar en esta investigación, el significado que la escuela (profesor, alumnos, administración) podría dar a nuestro trabajo de divulgación científica, mediante la perspectiva CTS de enseñanza. Ya que durante el año académico, la busca por nuestra exposición regular es demasiado grande. En la revisión de la literatura buscamos estudios que mostrasen evidencias, con o sin la colaboración de la escuela, de la influencia de esta exposición en el aprendizaje. También revisamos estudios que buscaban mostrar la práctica experimental como un recurso relevante en procedimientos y estrategias, sobre las dificultades existentes en el aprendizaje del tema energía, y aunque con relación a la transposición didáctica del conocimiento científico-tecnológico. El primer estudio envolvió un grupo de 34 alumnos del tercer año de la secundaria de una escuela de la red pública que cursaban la asignatura Física y el segundo estudio envolvió un grupo con 24 alumnos del noveno año de la escuela primaria de la red particular que cursaban la asignatura Ciencias. El análisis de los estudios fue cualitativo (narrativo-descriptivo y entrevista), pero también estuvo asociado a pruebas documentales escritas (cuestionarios, test, mapas conceptuales). Las mismas ocurrieron en razón de averiguar, el dominio en conceptos y en proposiciones (leyes, relaciones y definiciones), contenidos en la programación conjunta. Los resultados fueran interpretados a la luz de la teoría del aprendizaje significativo clásico y crítico. Los resultados obtenidos en los dos estudios mostraron que, en el sentido amplio de la propuesta, no existió la alfabetización científica deseada para la mayoría de aquellos alumnos. Sin embargo en un sentido más restricto, envolviendo algunos aspectos de naturaleza general, en hechos más simples de ser asimilados y en cuestiones de naturaleza técnica y socio-económico-ambiental, observamos que era posible quedar retenida alguna cosa de útil en la formación de ellos. Pero, el resultado del segundo estudio mostrando que la acción integrada tuvo un efecto más favorable. En los dos estudios, observamos que los profesores encontraban dificultades de naturaleza académica y administrativa, no sintiéndose a gusto, ni estando acostumbrados y no teniendo tiempo para aplicar debidamente la programación innovadora. La mayoría de los alumnos mostraban estar más acostumbrados al automatismo para retransmitir, demostraban poca afinidad en estudiar para atribuir significados.

**Palabras-clave:** aprendizaje significativo; alfabetización científica; colaboración; escuela-museo.



## ABSTRACT

The aim of this study is to investigate and to find out if the part of the experiments related to the energy theme of the regular science exhibition (Usina Ciência-UFAL) plays a more effective role in enhancing the meaningful learning of students when a visit to the exhibition is integrated with the Physics/Science subject in the school. We had the intention to understand with this research, the meaning that the school (teacher, students, administration) could give to our work on public understanding of science, with the perspective of CTS learning, since during the academic year, the search for our regular exhibition is very big. Also we reviewed studies that show evidence, with or without the cooperation of the school, about the influence of the exhibition on learning. We also reviewed studies that showed the experimental practice as a relevant resource for procedures and strategies, on the difficulties that exist on the energy issue learning, and also in relation to the didactic transposition of the technologic-scientific knowledge. The first study involved a group of 34 third year grade students of a public high school who attended Physics class and the second study involved a group of 24 ninth year students in a private elementary school who attended Science class. The analyses of the studies were qualitative (narrative-descriptive and interviews), but also included written documental evidences (questionnaires, tests, concept maps). These were necessary due the need to find out the domain on concepts and propositions (laws, relations and definitions) that are part of the Usina Ciência and the schools didactic proposals. The results were interpreted in the light of the classical and critical theory of meaningful learning. The results obtained in the studies showed that, in the broad sense of the proposal, the level of scientific literacy hoped for in the majority of those studentes did not occured. Otherwise, in a more restricted direction, involving some aspects of general nature, in acts more simple to be assimilated and issues of technical nature and socio-economic environment, we observe that it was possible to keep something useful in their formation. But, the result of the second study showed that the integrative action had a more favorable effect. In the studies, we observed that teachers found difficulties of academic and administrative nature, and did not feel satisfied or reported having no time to apply or fully understand the innovative pedagogic approach. The majority of the students showed that they used more automatism to retransmit and they show an affinity for study and attribute meanings.

**Keywords:** meaningful learning, scientific literacy, collaboration, school-museum



## SUMARIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>08</b>
JUSTIFICATIVA.....	09
El problema.....	11
Objetivos.....	13
Contexto.....	14
Hipótesis.....	15
<b>CAPÍTULO 2: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 Sobre la función de los museos y centros de ciencias.....	19
2.2 Estudios sobre las acciones de enseñanza practicadas en los museos.....	24
2.3 Estudios relativos a una acción integrada del museo con el profesor y la escuela.....	36
2.3.1- Un panorama histórico.....	36
2.3.2- Una visión actual.....	38
2.4- Estudios que demuestran la intencionalidad de los museos y centros de ciencias en promover el aprendizaje significativo.....	47
2.4.1- La preocupación con los significados atribuidos en la visita a la exposición.....	47
2.4.2 Una preocupación con el aprendizaje del contenido de enseñanza de la exposición con el uso de organizadores previos.....	52
2.5- El papel de la formación continuada de los profesores sobre el contenido de la exposición.....	55
2.6 - Estudios actuales sobre la necesidad de la actividad experimental en la enseñanza.....	60

2.7- Estudios en sistemas CTS y en la transposición didáctica.....	65
2.8-Investigaciones sobre los enfoques de enseñanza del tema de la energía.....	76
<b>CAPÍTULO 3: FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS.....</b>	<b>83</b>
3.1 La Función Educacional de los Museos.....	84
3.2. La Psicología Educacional del aprendizaje significativo.....	91
3.3. Aprendizaje Significativo crítico.....	106
3.4 – El Contenido Psicopedagógico de Estructuración de la Programación de la Enseñanza.....	122
3.5- La Alfabetización Científica.....	132
3.6 La Transposición Didáctica.....	140
3.7 Una Formación en Procedimientos y Actitudes a la Resolución de Problemas Experimentales Contextualizado.....	143
<b>CAPÍTULO 4: PREPARACIÓN DEL ESTUDIO: METODOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN.....</b>	<b>153</b>
4.1 Descripción del contexto investigativo.....	154
4.2 El contenido científico utilizado en la profundización de la propuesta.....	157
4.3 Fase exploratoria.....	158
4.4 Fase de preparación de la acción integrada.....	159
4.4.1 La elección y la característica del grupo escolar y el período en que ocurrió el primer estudio.....	159
4.4.2 La elección y la característica del grupo escolar y el período en que ocurrió el segundo estudio.....	160

4.4.3 La preparación del profesor de la escuela para la acción integrada.....	161
4.5 La programación didáctica.....	163
4.5.1 La propuesta de la programación.....	163
4.5.2 Los experimentos de la exposición, programados sobre el tema energía.....	167
4.5.3 A estrategia didáctica.....	172
4.6 Diseño de la investigación.....	187
4.6.1 La estructura del diseño de la investigación.....	187
4.6.2 La estructura del diseño de la investigación en la fase activa.....	190
4.7 Focalizando la investigación.....	191
4.8 Los registros evaluativos efectuados.....	192
4.8.1 Consideraciones introductorias.....	192
4.8.2 La entrevista.....	193
4.8.3 Los mapas conceptuales.....	195
4.8.4 El test de asociación numérica de conceptos (TANC).....	202
4.8.5 El cuestionario descriptivo de lápiz-papel.....	205
4.9 Etapas de la Estructuración y Desarrollo de la Investigación.....	208
4.9.1 El período exploratorio.....	208
4.9.2 El período en vigencia.....	208
4.10 Cronograma de trabajo relativo a los estudios efectuados.....	211
4.11- Algunos detalles de las actividades desarrolladas según el cronograma.....	214

4.12- Procedimientos en el Análisis de Datos.....	226
---	-----

**CAPÍTULO 5: RESULTADOS OBTENIDOS: PRIMER ESTUDIO.....218**

5.1 Consideraciones Iniciales.....	219
5.2 Análisis Descriptivo del Estudio.....	222
5.2.1 Consideraciones Iniciales.....	222
5.2.2 Fase de Preparación del Estudio.....	223
5.2.3 Enseñando a los Alumnos en la Escuela, a Hacer Mapas Conceptuales.....	226
5.2.4 Fase de Revisión y Preparación para la Primera Visita.....	231
5.2.5 Primera Visita a la Exposición de la Usina Ciencia.....	237
5.2.6 Actividades del investigador/Especialista y del profesor en la Escuela después de la Primera Visita.....	256
5.2.7 Segunda Visita a la Exposición de la Usina Ciencia.....	264
5.2.8 Lo que Fue Observado en la Actuación del profesor en El aula en la Acción Integrada.....	279
5.2.9 Tercera Visita a la Exposición.....	286
5.2.10 Las Entrevistas.....	296
5.3 Resultados Obtenidos en la Evaluación Escrita.....	315
5.3.1 La presentación de un cuadro general.....	315
5.3.2 Mapa Conceptual.....	318
5.3.3 Test de Asociación Numérica de Conceptos (TANC).....	338
5.3.4 Los Cuestionarios Descriptivos de Conceptuación y el de Problematización.....	343

5.4 Consideraciones Finales y Conclusiones del 1° Estudio.....	350
5.4.1 Una Interpretación de los resultados Obtenidos a Partir de una Entrevista Final con el profesor.....	350
5.4.2 Conclusiones del Primer Estudio.....	358

**CAPÍTULO 6: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SEGUNDO ESTUDIO.....367**

6.1 Consideraciones iniciales.....	368
6.2 Análisis descriptivo del estudio.....	372
6.2.1 Consideraciones iniciales.....	372
6.2.2 Fase de preparación de la acción integrada en la escuela.....	373
6.2.3 Enseñando a los alumnos a hacer mapas conceptuales (actividad en el aula).....	377
6.2.4 Fase de preparación en la programación inicial (relativa al aula del profesor en la escuela).....	378
6.2.5 Primera visita a la exposición de la usina ciencia.....	385
6.2.6 La continuidad de la construcción de mapas y otras acciones en la escuela con la participación del especialista.....	391
6.2.7 Actividades del profesor en el aula después de la primera visita.....	396
6.2.8 Segunda visita a la exposición experimental.....	403
6.2.9 Actividades con profesor en el aula después de la segunda visita.....	420
6.2.10 Tercera visita a la exposición.....	426
6.2.11 Las entrevistas.....	435
6.3 Resultados obtenidos en la evaluación escrita.....	458

6.3.1 Cuadro general de las evaluaciones escritas.....	458
6.3.2 Análisis de los resultados obtenidos en la elaboración de los mapas conceptuales.....	459
6.3.3 Análisis de los resultados del test de asociación numérica de conceptos (TANC).....	473
6.3.4 Análisis de los resultados obtenidos en los cuestionarios.....	477
6.4 Consideraciones finales y conclusiones del 2° estudio.....	487
6.4.1 Un análisis comparativo de la evaluación de desempeño del alumno para la conclusión.....	487
6.4.2 Consideraciones sobre el trabajo del profesor en el aula para conclusiones.....	493
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>498</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>516</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>546</b>
Anexo 1: test de la asociación numérica de conceptos (TANC): de lo primer estudio.....	547
Anexo 2: test de la asociación numérica de conceptos (TANC): de lo segundo estudio.....	550
Anexo 3: Cuestionario-1 de conocimientos sobre energía (primer estudio).....	553
Anexo 4: Cuestionario-1 de conocimientos sobre energía (segundo estudio).....	555
Anexo 5: Cuestionario-2 de la problematización de la exposición (primer estudio).....	557
Anexo 6: Cuestionario-2: de la problematización de la exposición (segundo estudio).....	562

Anexo 7: Mapas del Profesor en el primer estudio.....	568
Anexo 8: Mapas del Profesor en el segundo estudio.....	569
Anexo 9: Mapa del Especialista Inicial simplificado (utilizado en los dos estudios).....	570
Anexo 10: Mapa del Especialista completo (utilizado en los dos estudios).....	571
Anexo 11: La energía de la antigüedad hasta la actualidad (53p.).....	572

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

# CAPÍTULO 1.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificativa

En la divulgación del conocimiento los museos funcionan como un puente entre los centros de producción de ciencia y tecnología, la sociedad y la escuela. En las exposiciones y los textos desarrollados para la divulgación se intenta utilizar un lenguaje científico accesible con la intención de despertar actitudes y estimular la curiosidad en relación al saber científico. Sin embargo, nada puede sustituir la formación científica escolar, pues en la escuela es donde se trabaja de forma sistemática y disciplinada con los fundamentos básicos de las ciencias. Es por eso que la escuela se podría asociar con el Museo de Ciencias para trabajar juntos en la alfabetización científica.

La amplitud de los asuntos relacionados a la ciencia y la tecnología exige una nueva perspectiva de enseñanza, en términos de la alfabetización científica, que trasciende el espacio escolar. Por eso, se hace necesaria una nueva dinámica curricular para la actualización de los contenidos. Esa actualización pudiera ser pensada por medio de la posibilidad de trabajo conjunto de la escuela con otros sectores educacionales que se preocupan en divulgar la ciencia y la tecnología como es el caso de los museos o centros de ciencias.

Otros medios y sectores también actúan en la información y divulgación de la ciencia y tecnología. Los medios de comunicación en masa (noticieros, periodismo científico, Internet, entre otros), y los museo de ciencias buscan divulgar asuntos de interés de naturaleza técnica-científica, para que la sociedad pueda cada vez más concientizarse sobre las cuestiones relacionadas con la ciencia y el uso de las tecnologías, formando opiniones necesarias para las decisiones que necesiten ser tomadas y que tendrán implicaciones directas en la vida de las personas. Sin embargo, uno de los grandes problemas de actuar en la divulgación científica es cómo efectuar la transposición de ese conocimiento utilizando un lenguaje científico adecuado al grado de escolaridad de cada persona.

Los museos y centros de ciencias, por medio de un lenguaje científico accesible, buscan crear impactos y actitudes favorables para que despierte la curiosidad sobre el fenómeno que se encuentra expuesto o que es demostrado experimentalmente. Por otro

lado, el tiempo de interacción de los sujetos que visitan el museo se sabe que es inferior al que es necesario para que haya un aprendizaje efectivo de los fenómenos observados y los conceptos subyacentes, y ese, sin duda, es un papel de la escuela. Esas instituciones legitimadas para la enseñanza-aprendizaje donde se busca trabajar con los fundamentos básicos de las ciencias de forma sistemática y disciplinada, pueden ser socios importantes de los museos en la tarea de divulgar la ciencia y trabajar por una alfabetización científica.

Así, mientras el museo dispone de una exposición interactiva de experimentos que explotan situaciones lúdicas que despiertan el interés por una ciencia y una tecnología viva, reuniendo la historia y la actualidad, la escuela dispone de una estructura didáctico-pedagógica con más tiempo para la atención y acompañamiento individual del alumno que visita la exposición. A pesar de sus especificidades y que tienen objetivos diferenciados, son dos instancias que pueden complementarse. Eso puede ocurrir si actúan de forma conjunta en la busca de la comprensión y efectucción de la alfabetización científica.

Algunas formas posibles de interacción en esa relación escuela-museo, es lo que se pretende averiguar y mostrar en el trabajo de investigación que forma parte de este estudio.

Con la experiencia acumulada en dieciocho años como especialista en el montaje de exposiciones y la elaboración de experimentos en Física para atender a la comunidad escolar, hemos observado que las escuelas que nos visitan, normalmente utilizan los mensajes pasados por el museo como una complementación, y probablemente, como una ampliación de horizontes, así como una motivación para dedicarse a la formación científica de los estudiantes. Sin embargo, hay que considerar que la escuela no acostumbra a desarrollar ese tipo de actividad en su programación escolar. Es en ese sentido que este trabajo tiene como idea mejorar el mensaje pasado para los estudiantes que visitan al museo, a partir de un trabajo en las asignaturas de Física y Ciencias en las escuelas.

Por lo que ya observamos en eventos que congregan a especialistas que trabajan en centros y museo de ciencias y por lo que consta en la literatura (como será presentado en el capítulo a continuación), es polémico afirmar que el museo, en su actividad de divulgación científica, de forma aislada y sin interacción con la programación escolar, consiga promover el aprendizaje entre los visitantes. Lo que nos estimula a esta investigación es la posibilidad de buscar medios para una acción integrada en la que sea posible relacionar la programación disciplinar de las escuelas que nos visitan con el acervo de nuestra exposición de experimentos del museo y averiguar las posibilidades de una mayor efectividad en lo que

sea posible extraer buscándose evidencias de aprendizaje en esas acciones

Con ese propósito montamos una sala de exposición específica sobre energía y construimos una casa ecológica. Los dos ambientes explotan el tema de forma más amplia que nuestro recorte efectuado: formas de generación de energía eléctrica y la utilización de la energía solar para generar calor. También buscamos en este trabajo seleccionar material escrito en lenguaje accesible que pueda complementar el libro de texto de la escuela en las cuestiones relacionadas con la exposición. Aún, en este sentido, fue elaborado un texto de apoyo didáctico, que resultó en un libro que auxilia al profesor en ese tema: **La energía de los tiempos antiguos a los días actuales.**

## **1.2 El problema.**

La visita a un Museo de Ciencias puede servir, en la mayoría de los casos, para que las personas descubran de forma agradable de qué tratan las ciencias y cuáles propósitos se aplican en su naturaleza genérica. En esta situación, para la mayoría de la población estudiantil, el museo puede tener apenas un papel motivador en el interés por asuntos científicos. El dominio conceptual de cierto contenido mostrado en la exposición pasa por la adquisición de conceptos y proposiciones, en un proceso que lleva tiempo y exige una base de conocimientos previos adecuados, lo que nos lleva a proponer que una efectividad en el aprovechamiento de lo que es tratado en el museo pudiera ocurrir en relación con lo que es trabajado en la escuela.

Es nuestro propósito verificar si una programación del museo que busque una acción conjunta de la escuela en el tratamiento de los conceptos tratados en las experiencias y fenómenos presentados durante las visitas de los alumnos, consigue auxiliarlos en la adquisición de significados y en la construcción conceptual. Así, el problema de nuestra investigación es verificar cómo hacer que la actuación del museo sea más útil, efectiva y colaborativa en el proceso de aprendizaje de conceptos científicos a partir de un involucramiento con la programación de la escuela.

Para consolidar la acción integrada entre la escuela y el museo existen diferentes especificidades que deben ser llevadas en consideración. Uno de los problemas es la disonancia entre la enseñanza escolar y la propuesta del museo. Esto ocurre porque los museos y los centros de ciencias buscan estructurar y programar un espacio de enseñanza

científico-tecnológico de vanguardia cortejando el saber de los especialistas en cuestiones innovadoras de interés de la sociedad que surgen en todo momento. La escuela trabaja con un conocimiento ya consolidado y sistematizado en la tradición científica que está quedando desfasado. En concreto, inicialmente tenemos que investigar como nuestra exposición de experimentos de la *Usina Ciencia* (es el espacio de divulgación científica de la *Universidad Federal de Alagoas*), en un determinado contenido, puede ser utilizada por la escuela en la asignatura de Física (en un primer estudio) y en la asignatura de Ciencias (en un segundo estudio), para efectuar una formación en la escuela más volcada hacia los aspectos relacionados con la sociedad actual. Vamos así a buscar identificar cómo conseguiremos tener un espacio común para el desarrollo de acciones conjuntas de aprendizaje.

Otro hecho observado en este contexto es el de que la escuela, en su currículo tradicional de enseñanza de Física y de Ciencias, normalmente no da mucho espacio al tema de la energía. Sin embargo, en la tecno-ciencia actual ese tema tiene una función centralizadora, mientras que en la escuela, normalmente, se presenta sin mucho énfasis, de forma fragmentada y descontextualizada. Así, no se consigue integrar la ciencia, la tecnología y la sociedad en su currículo, al contrario de lo que hacen los museo de ciencias, con el cual pudiera interactuar de forma más eficaz. Por esa razón, tomamos como referencia en esta investigación, el contenido sobre el tema energía, que ha sido trabajado en nuestra divulgación científica desde una perspectiva de alfabetización científica.

Vamos a intentar implantar un experimento piloto con ese contenido en la escuela, dentro de nuestra manera de trabajar los experimentos. Nuestra intención con esa labor conjunta es la de mostrar caminos para la escuela de cómo atender a sus necesidades desde una nueva perspectiva formadora. Las dificultades existentes, el éxito o no, va a depender de los ajustes, de la intención y de la comprensión de lo que sea una formación para una alfabetización científica.

Según los especialistas, un factor importante en la formación para la alfabetización científica se encuentra en la dificultad para efectuar una transposición del lenguaje técnico-científico adecuado al público de edad escolar. Para los especialistas en las áreas científico-tecnológicas ese asunto no es una tarea sencilla. Por ese aspecto, y por la perspectiva tradicional en que fueron formados los profesores, no es fácil que la escuela salga del modelo de enseñanza propedéutico, que también influye en la enseñanza primaria de las ciencias. Así, integrar nuestra propuesta de trabajo en la exposición a la programación de la

disciplina escolar para la alfabetización científica, no es una tarea fácil. Creemos, sin embargo, que las dos instancias pueden complementarse si existen buenas intenciones y propósitos para que actúen de forma articulada en la búsqueda de una comprensión de lo que sea una alfabetización científica. En esta investigación vamos a ver cómo podemos contribuir para ayudar a la escuela.

En resumen, nuestro problema específico de investigación, a partir de los experimentos de nuestra exposición, trata de optimizar la actuación del Museo de Ciencias, para que sea más útil a las personas de edad escolar de la enseñanza primaria y secundaria que nos visitan, de forma que puedan captar los significados que les permitan realizar la construcción conceptual en la dirección de una alfabetización científica. Sabemos que se trata de un gran desafío, pero esperamos que con una mayor integración con la escuela, se pueda pasar del nivel de interacción en el museo hacia una reflexión, discusión y síntesis donde, posiblemente, habrá avances importantes en el aprendizaje de los alumnos.

### **1.3 Objetivos.**

El **objetivo general** de este estudio es el siguiente: *Investigar si el acervo de experimentos existentes en la exposición regular de nuestro Centros de Ciencias consigue desempeñar un papel más efectivo en el aprendizaje significativo del alumno sobre el tema de la energía, cuando la visita a la exposición se hace de forma integrada al currículo de la disciplina de Física de la escuela.*

Los **objetivos específicos** son los siguientes:

- 1) *Verificar la importancia del tema de la energía como una perspectiva promisoras para la formación escolar del alumno dentro de un sistema CTS de enseñanza.*
- 2) *Verificar, a partir de la actitud, de la comprensión y del involucramiento, asumidos por el sistema escolar (alumnos, profesores, coordinación, administración), los significados y las posibilidades existentes de implantación de una formación para la alfabetización científica.*
- 3) *Verificar si una propuesta de acción integrada entre el museo y la escuela puede promover una predisposición para el aprendizaje significativo de algunos conceptos importantes relacionados al tema trabajado.*

Esos objetivos serán evaluados en la escuela a partir de una adaptación en el programa de la disciplina, cuando el profesor esté detallando y profundizando las discusiones iniciadas en la visita y también cuando estemos presentes, en la condición de observador y especialista, acompañando los trabajos y efectuando algunas intervenciones.

El tema de la energía fue escogido por traer con más facilidad una propuesta técnico-científica contextualizada de enseñanza. Es importante observar la importancia de este tema, como una perspectiva promisoriosa para una formación escolar que promueva la alfabetización científica.

#### **1.4 Contexto.**

La enseñanza informal de los museos o centros de ciencias es una propuesta educacional fuera del ambiente escolar que no ofrece diploma ni certificados. Es una propuesta de divulgación científica que busca complementar la formación escolar de los estudiantes y actualizar el conocimiento del público en general, con respecto a la historia del desarrollo técnico-científico y las rápidas transformaciones tecnológicas que surgen a todo momento. Esta es una actividad que se asemeja a la divulgación científica promovida por los medios de difusión, a través del periodismo científico y revistas especializadas. Necesita presentar informaciones bien dirigidas a los intereses del público en general mediante el trabajo con una divulgación científica con la intención de alfabetizar para el ejercicio de la ciudadanía. Muchas de sus aplicaciones se relacionan con la interdisciplinariedad o con un conocimiento que necesita integrar diferentes áreas de una misma asignatura.

La educación informal, – otras veces denominada de educación no formal–, de los museos y centros de ciencias, busca trabajar con actividades envolventes que exploren situaciones lúdicas y de amplio interés en el colectivo social. Para eso, trabaja con informaciones bien dirigidas y con objetivos bien definidos, donde en ocasiones se utilizan aspectos que muestren el proceso evolutivo de la historia de las ciencias, en especial de la tecno-ciencia de la actualidad. El aprendizaje de contenidos en los museos busca así asociar la historia y la tecnología contextualizada en nuestras formas de vida, en nuestra relación con el medio ambiente, con respecto al gran desarrollo y rápidos cambios que la sociedad de la tecno-ciencia se encuentra implementando. Sin embargo, la gran dificultad de una propuesta de enseñanza del museo se relaciona con el paso rápido del visitante ante una vasta programación. De esa forma podría aprovecharse mejor el acervo para un mejor

aprendizaje si el mismo fuese relacionado, incorporado y complementado por la enseñanza escolar formal.

En la actualidad, para un amplio desempeño de la ciudadanía, es necesario que la formación escolar se interese por lo que está ocurriendo en el campo de la tecno-ciencia. En el mundo contemporáneo, la sociedad ya percibió que, delante de las complejidades científico-tecnológicas, que regulan la vida actual, otros medios y sectores, además de la escuela, que no puede quedarse fuera, necesitan juntar los esfuerzos para actuar en la información y divulgación de la ciencia y la tecnología. Los medios de comunicación, la red Internet, y los museo de ciencias, han buscado formas de contribuir para formar una sociedad cada vez más consciente. Las personas necesitan formarse una opinión con relación a las tecnologías que afectan a su vida, para actuar con más conciencia frente a las decisiones que necesiten tomar.

El museo dispone de una exposición interactiva de experimentos que explota y divulga la ciencia y la tecnología “al vivo”, donde se intenta reunir la historia y la actualidad, mientras que la escuela dispone de una estructura didáctico-pedagógica con más tiempo disponible para el dominio de los lenguajes, para el entrenamiento y la preparación en la conceptualización de las grandezas, variables o parámetros del análisis científico y en la resolución de problemas para la consolidación de esos conceptos. En la escuela, dada esa mayor disponibilidad de tiempo, se puede efectuar un trabajo para una comprensión consensual que pueda ser compartida por el grupo, donde también podrá efectuarse un acompañamiento individual más minucioso del progreso en el aprendizaje.

## **1.5 Hipótesis**

Para implementar la investigación dentro de los objetivos propuestos vamos a efectuar algunas inferencias o hipótesis previas que podrán ser modificadas o complementadas en la medida que avance la investigación, pues se trata de un estudio cualitativo.

Como **primera hipótesis**, afirmamos que:

*Un efectivo aprendizaje por la vía de la exposición experimental de los museos o centros de ciencias ocurre, a partir de una actividad teórico-experimental articulada al proyecto pedagógico de la escuela.*

Como **segunda hipótesis**, afirmamos que:

*La visita programada a la exposición del Museo de Ciencias interfiere positivamente en las actitudes del alumno, relativas al interés y motivación para el desarrollo de competencias, habilidades y el aprendizaje de la Física en la escuela.*

Como **tercera hipótesis** complementar, afirmamos que:

*La energía se constituye en un contenido de interés común para el museo y la escuela, para formar al alumno desde una perspectiva de alfabetización científica.*

Siguiendo la secuencia pretendida en este estudio, en el **capítulo 2** efectuaremos una revisión de la bibliografía existente, sobre los trabajos que de cierta forma estuvieran relacionados con el tema de esta investigación o que pudieran auxiliar en el desarrollo de este estudio. Revisamos sobre la función de los museos y centros de ciencias y sus acciones de enseñanza incluyendo la acción integrada del museo con el profesor y la escuela. Otros estudios que también fueron revisados son los que demuestran la intencionalidad en promover el aprendizaje significativo, el papel de la formación continuada de profesores sobre el contenido de la exposición, así como estudios actuales que indican la necesidad de la actividad experimental en la enseñanza. Por último, otros temas fueron también revisados: sobre los sistemas de enseñanza **CTS**, sobre transposición didáctica y sobre investigaciones relativas a los diversos enfoques de enseñanza del tema de la energía.

En el **capítulo 3** presentamos el marco teórico utilizado para atender al problema, los procedimientos y los objetivos de investigación. Iniciamos haciendo referencia a la función educacional de los museos y centros de ciencias, con la intención de mostrar las diferencias de la educación escolar y las relaciones posibles que se sugieren en la bibliografía para una acción integrada. Después, abordaremos algunas ideas contenidas en la psicología del aprendizaje significativo clásico y en la psicología del aprendizaje significativo crítico que darán soporte al análisis e interpretación de los resultados. También tomamos como referencia algunas teorías que nos dieron apoyo en los siguientes aspectos: la estrategia didáctica para presentar el contenido físico de enseñanza de la programación, el movimiento educacional para la estructuración de la enseñanza para una alfabetización científica (sistema de enseñanza **CTS**), la transposición didáctica del conocimiento científico-tecnológico para los saberes escolares con sus dificultades de

implementación, y finalmente, sobre los procedimientos y actitudes referentes a la resolución de problemas experimentales de naturaleza técnico-científica.

En el **capítulo 4** vamos a tratar sobre la preparación del estudio mostrando: la metodología, los procedimientos evaluativos y la programación realizada. Fue organizada una preparación que, a partir de las dificultades encontradas pudiese promover una acción integrada con la escuela, que atienda a las expectativas de las diferentes instancias educacionales. También será mostrada la manera en que se pretende acompañar la investigación en relación con la metodología, la fundamentación teórica y los tipos de registros de la evaluación cualitativa utilizada.

En el **capítulo 5** mostraremos los resultados obtenidos en el primer estudio de esa acción integrada, o sea, de la exposición del Centros de Ciencias y grupo escolar, donde participaron alumnos del tercer año de la red pública de enseñanza secundaria, mientras que en el **capítulo 6** se muestran los resultados obtenidos en el segundo estudio referente a una acción integrada con los mismos objetivos, en el que participó un grupo de alumnos de la novena serie de la enseñanza primaria de una escuela de la red particular de enseñanza. Vale aclarar que este estudio incorpora algunos aspectos de la experiencia relativa a las dificultades encontradas en el primer estudio. También incorpora la metodología, la programación didáctica y la evaluación que fue realizada, pero fueron efectuados algunos ajustes, considerando que se trataban de dos niveles diferentes de enseñanza.

En el **capítulo 7** presentaremos las conclusiones y recomendaciones. En las conclusiones efectuaremos una breve retrospectiva y un análisis que busca integrar el problema, los objetivos, la revisión bibliográfica, la fundamentación teórica y los resultados obtenidos en los dos estudios. Con respecto a lo que fue observado en campo, proporcionaremos algunas recomendaciones sobre cómo proceder en la presentación de la exposición con el objetivo de que haya una mejor interacción museo-escuela, así como sobre cómo elegir un contenido de enseñanza adecuado para trabajar conceptos y proposiciones asociados al acervo. También hacemos referencia a la importancia de utilizar como referencial teórico el aprendizaje significativo clásico y el aprendizaje significativo crítico para la interpretación de los resultados.

# **CAPÍTULO 2**

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Presentaremos inicialmente en esta revisión algunas investigaciones y citas sobre la función de los museos y centros de ciencias para tratar después sobre las acciones de enseñanza que ocurrieron por medio de los museos y centros de ciencias sin la necesidad de una acción integrada directa con el proyecto pedagógico de la escuela. Después, trataremos sobre algunos estudios referentes a una acción integrada del museo con el profesor y la escuela, para, después concentrarnos en los estudios efectuados en los museos donde se muestra la intención de promover el aprendizaje significativo. Posteriormente, revisaremos los estudios sobre formación continuada de profesores realizados con el sentido de estrechar los lazos en una acción integrada museo-escuela. También tratamos sobre estudios referentes a la necesidad de una actividad experimental en la enseñanza con el sistema de enseñanza **CTS**, así como sobre transposición didáctica, mientras que, por último, también revisaremos las investigaciones sobre los enfoques de enseñanza sobre el tema de la energía, tanto desde la perspectiva de las exposiciones de los museos, como desde el de la programación escolar. Con este capítulo queremos mostrar lo que ha sido estudiado sobre el tema de interés de esta investigación.

### **2.1 – Sobre la función de los museos y centros de ciencias.**

A partir de los años finales de la década del 80, la comunicación de los museos a través de sus exposiciones comienza a ser más interactiva, convirtiéndose los museos en un medio de comunicación de masas (Verón *et al.*, 1989; Caulton, 1998; Burgard *et al.*, 1998). En la comunicación con el público comienza a investigarse el comportamiento de las personas durante la exposición. El acto de exponer se asocia al acto de proponer un discurso de interés común. De esa forma, se vuelve importante investigar no solo la exposición y la producción de sus mensajes, como también, la forma como estos mensajes están siendo apropiados por el visitante. La manera como es hecha la visita genera una interpretación diferenciada del mensaje que se quiere pasar. El discurso propuesto por el museo se integra con objetos del acervo que, junto a los recursos adicionales (textos, imágenes y colores), transmiten los mensajes. El proceso de asimilación de esos mensajes por los visitantes, pasa por el uso de diferentes códigos y sistemas que aún no se encuentran bien definidos. Así, es necesario que el lenguaje específico utilizado por el museo continúe siendo investigado para evaluar la eficacia de los mensajes vehiculados (Verón *et al.*, 1989). Una de las definiciones de lo que significa la información de la ciencia es que la información es todo lo que es capaz de transformar estructuras, de transformar una unidad de significado, y de

transformar una representación interna del individuo (Belkin *et al.*, 1976). Esta transferencia puede producir conocimiento alterando la estructura cognitiva del receptor frente a la cuestión. Vale la pena observar que, sin embargo, el nivel de aprendizaje propiciado por esta enseñanza informal es algo que aún no se encuentra bien definido en la bibliografía, de acuerdo a lo que será mostrado en las investigaciones siguientes.

Entre los educadores se encuentra cada vez más presente la opinión de que la ciencia que debe ser enseñada en los días de hoy no puede estar restringida apenas al contexto escolar. También se hace énfasis en la educación no formal y el papel singular que tienen los museos de ciencia y tecnología para que ocurra una alfabetización científica de los individuos. Con el objetivo de desarrollar una pedagogía para la acción de los museos, en este trabajo se busca presentar las principales tendencias pedagógicas de la educación en ciencias. Para eso llevamos en consideración la perspectiva histórica de la educación en las exposiciones de los museos (Cazelli *et al.*, 1999).

A lo largo de la historia se considera la existencia de tres tendencias pedagógicas más expresivas de generaciones de museos en lo que respecta a la comunicación efectuada con el público. Esas tendencias, en base a la temática exploratoria, son: el museo de historia natural (como de primera generación), el de ciencia e industria (como de segunda generación), y el de fenómenos y conceptos científicos (considerado de tercera generación) (McManus, 1992).

Mientras que los museos de ciencia de primera generación son vistos como santuarios de objetos en una reserva abierta, o sea, las piezas acumuladas son mostradas en su totalidad a partir de una clasificación y de forma repetida, los de segunda generación dan énfasis al mundo del trabajo y del avance científico y tecnológico, contemplando la tecnología industrial como finalidad para prestar un servicio de utilidad pública. Otra característica es la de que la aproximación en relación a la pedagogía de la escuela tradicional ocurría tanto en los museos de la primera como en los de la segunda generación. Entre estas dos generaciones era observada una mayor tendencia hacia la pasividad, donde no era definida una interacción del público en el proceso educativo (Cazelli *et al.*, 1999).

Los primeros aparatos interactivos en la museología que se difundieron por el mundo con la famosa denominación de interactividad manual (*hands-on*) pueden ser considerados de tendencia al tecnicismo pues presentan una única respuesta correcta, sin mostrar preocupación con el control de las variables. Otra característica de estos museos es

la introducción de la discusión con relación a las implicaciones sociales del desarrollo y naturaleza de la ciencia (con el desarrollo de la sociedad científico-técnica fueron propuestos nuevos enfoques para la enseñanza de Ciencias, donde se busca disminuir el analfabetismo científico y tecnológico que se observaba). Surge entonces una tercera generación de museos de ciencia que incorpora las preocupaciones educacionales para una alfabetización científica y tecnológica (Cazelli *et al.*, 1999). Es importante resaltar que los museos de la primera y la segunda generación tuvieron que sufrir diversas modificaciones a lo largo del tiempo con la intención de revitalizar sus mensajes y poder hacer frente al éxito que tenían los museos de tercera generación.

A pesar de que la construcción de la pedagogía de los museos incorporó algunas tendencias pedagógicas de la educación formal, los museos buscaban resguardar su especificidad de una educación informal. Cabe resaltar que una mayor autonomía de estos espacios en relación al espacio escolar, trajo la ventaja de que enfoques, como la **CTS** pudiesen ser implantados sin mayores problemas (*ibid.*).

A pesar de que se trabaja con el aprendizaje voluntario, que se diferencia bastante de la enseñanza tradicional que ocurre en sala de aula, en realidad no se sabe cuál es la eficacia de una iniciativa de enseñanza informal (Friedman, 2002b). No se conoce aún, cuáles son las metodologías y estrategias que le permiten una mejor comprensión al alumno que está frente a un experimento en exposición. Hay acciones aisladas de algunos investigadores, pero no existe – por lo menos en los Estados Unidos-, según Friedmann, ningún grupo organizado que se dedique a investigar las acciones de la enseñanza informal de Ciencias en los museos. Lo que ha sido registrado en algunas publicaciones son contribuciones aisladas de algunos investigadores que actúan en este campo (*ibid.*). Sin embargo, estudios más recientes, como veremos a continuación, indican que algunas entidades y sectores oficiales, preocupados con una acción más actualizada y eficaz en la interacción del museo con el visitante, desarrollan políticas públicas. En la organización social existe cada vez más la preocupación con una mayor diseminación y popularización de las ciencias para el público en general frente a la dinámica permanente de transformación de la sociedad.

Se siguió ese camino para investigar las concepciones de popularización de la ciencia y de la tecnología (C&T) que permearon el discurso y las acciones del *Ministério da Ciência e da Tecnologia* (MCT) brasileño, realizadas en la gestión 2003-2006. En ese estudio se buscó explorar las relaciones que se establecieron en el discurso, entre museo de

ciencias y los programas de popularización de la ciencia y la divulgación científica. Para ello, se tomó como base lo que aparece en la convocatoria de selección (*Edital de Seleção Pública*) formulada por este ministerio en el 2003 (Navas, 2008). Como referenciales teóricos fueron utilizados estudios ya desarrollados en el ámbito de la sociología de la ciencia, de la comunicación pública de la ciencia, de la divulgación científica y de la comunicación en museos. La investigación fue de naturaleza cualitativa, con los datos colectados en documentos como son los textos oficiales del MCT de ese período y también por el análisis de los proyectos que fueron presentados a esa convocatoria. Entre los datos, también se encuentran las entrevistas efectuadas con los consultores del *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* del *CNPq* (*Comitê Temático de Divulgação Científica*) y con los profesionales de museo de ciencias que fueron beneficiarios de esa convocatoria.

La evaluación efectuada, mostró que el área de popularización de la ciencia y tecnología tiene apoyo oficial y está siendo legitimada políticamente por el **MCT**, por medio de la consolidación del *Departamento de Difusão e Popularização da C&T*, lo cual está siendo implementado por medio de financiaciones, auxilios y otras acciones emprendidas en ese sector.

A pesar de que en las prácticas implementadas por el **MCT** se observa una predominancia en el estímulo a las actividades informativas, fue posible identificar claras intenciones del apoyo oficial por abandonar modelos ya considerados deficitarios en la práctica pedagógica de los museos para dar lugar a prácticas más participativas y democráticas en la interacción del visitante con el acervo. Los propios proyectos analizados mostraron la tendencia a privilegiar actividades informativas, dirigidas a la transmisión de contenidos científicos pero sin mostrar una preocupación explícita con una mayor interactividad del usuario de las exposiciones. Los proyectos presentados todavía se caracterizaban por una programación dirigida predominantemente hacia el público escolar, pero que envolvía algunas actividades para el público en general. Otro hecho observado fue que el apoyo oficial de la política pública brasileña para la popularización de la C&T que fue acompañada en el período en que fue realizado este estudio, indica un interés del gobierno para asumir compromisos a medio y largo plazo con ese sector. Esa preocupación envolvía una lógica participativa y democrática de divulgación científica más amplia en la sociedad, lo que, según el estudio de Navas (2008), reveló la potencialidad de la relación que puede ser establecida entre los museos y la popularización de la ciencia.

Según Calcagnini (2007), muchos museos y centros de ciencia de Europa, en la actualidad debaten sobre las necesidades reales de la sociedad y adoptan nuevas maneras para interactuar con el público. Esa acción ha incluido la realización de eventos científicos sobre conocimientos tópicos de interés actual, donde se busca desarrollar una nueva manera de comunicarse con las personas para poder familiarizarse con sus opiniones y conocimientos. En ese sentido, en el Museo *Leonardo da Vinci*, de Milán, se experimentaron algunas formas de diálogo con los profesores y con el público en general. La experiencia observada mostró que los museos consiguen promover un ambiente en que por medio de un proceso democrático se logra hablar sobre ciencia y tecnología con la participación e interés de las personas de la sociedad (Calcagnini, 2007).

En otro estudio las actividades de popularización de la ciencia fueron analizadas a través de informes anuales de investigadores referentes a los años 2004, 2005 y 2006, mediante un proyecto donde participaron diez mil investigadores del *French National Center for Scientific Research* (CNRS). Según este artículo, fue la primera vez que se efectuó un estudio estadístico tan extenso en prácticas de investigadores de diferentes áreas que contribuyen con la popularización de la ciencia. Los principales resultados obtenidos de este análisis mostraron que la mayoría de los investigadores no se envolvía directamente con la actividad de popularización (51% no hicieron ningún trabajo de popularización en ese período). Dos tercios de los investigadores participaron al menos en una acción directa o indirecta de popularización. Fue observado que las prácticas de popularización son extremadamente diversas, en el nivel individual de participación, así como por área de saber, pues los investigadores del área de Humanidades fueron dos veces más activos que el promedio de las otras áreas (Jensen *et al*, 2007).

El papel de los museos en la divulgación de la ciencia y la tecnología es el tema de un proyecto específico titulado *Educate in Science and Technology* (EST), que une las metodologías y actividades que los museos pueden usar como recurso en un trabajo a largo plazo. Se realizó, en el mismo, el entrenamiento de profesores en servicio, por medio de un trabajo en clase con juegos y utilizando también otros materiales de enseñanza llevados para la comunidad en un vehículo denominado “*Science Van*”. El proyecto fue desarrollado en conjunto entre técnicos, proyectistas y profesores especialistas del museo nacional de Ciencia y Tecnología Leonardo da Vinci, de Milán. El proyecto propone un modelo de enseñanza-aprendizaje que ve el experimento del museo como un componente central e integral de la exposición. Su forma de exponer toma como base la manera como el visitante

percibe para que, a partir de ahí, se pueda establecer una metodología de presentación que busca obtener resultados más eficaces en su función educativa (Xanthoudaki *et al.*, 2007).

Como podemos observar más recientemente, en los foros internacionales y en las comunidades científicas de diferentes áreas se ha evidenciado un cambio de perspectiva en relación con la función educativa central de los museos de ciencias, por lo que se han producido diversas reformulaciones conceptuales. Así, en los últimos años, los museos pasaron a orientar aún más sus acciones de forma que se pueda atender al gran público buscando desarrollar, con ese fin, una mayor articulación entre la interactividad y la emoción. Para eso, se busca estimular al visitante para que se despierte su curiosidad, tanto sobre el conocimiento como sobre la metodología científica. Ese estímulo a la interactividad tiene como objetivo que se promueva una opinión sobre temas estratégicos que influyen sobre el cotidiano de las personas (Wagensberg, 2005). En ese sentido, la exposición debe trabajar para que se establezca con los visitantes una interactividad manual (*hands on*), una interactividad mental (*minds on*) y una interactividad cultural (*heart on*). La idea es que el museo consiga despertar más cuestionamientos en el visitante, cuando él entre (*ibid.*).

## **2.2- Estudios sobre las acciones de enseñanza practicadas en los museos.**

Un experimento de la exposición que se muestre al visitante como de dominio teórico complejo puede estimular la reflexión sobre conocimientos divergentes, o sea, entre lo que el individuo piensa y lo que la ciencia contra-inductivamente muestra en la exposición. Sin embargo, es necesario que haya una base de conocimientos previos adecuados, así como una disponibilidad de tiempo para dedicarse a la cuestión. La interpretación científica de que lo que se encuentra expuesto requiere un trabajo mental asociaciones lógicas y la utilización de analogías con modelos ya existentes que puedan ser asociados. Según Bonatto (2002), el museo, en algunas situaciones, puede trabajar con más facilidad que la escuela, como en el caso, por ejemplo, de los pseudoconceptos piagetianos (conceptos que aún no están totalmente claros para los niños) (*ibid.*).

Según afirma Gaspar (1993), a pesar de que existen muchos artículos que relatan estudios realizados en los museos, estas investigaciones no muestran resultados específicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo que se encuentra en esos artículos son mucho más suposiciones teóricas que resultados que muestren la eficacia del aprendizaje informal

de los museos. Gaspar también afirma que las teorías psicológicas de aprendizaje que más han influenciado las investigaciones sobre la existencia de aprendizaje a partir de los experimentos interactivos de los museos son las teorías de Piaget y de Vigotsky. La teoría de Piaget fue utilizada, principalmente, debido a las concepciones espontáneas asimiladas en la vivencia empírico- concreta diaria, que son traídas por los visitantes y que estarían contribuyendo para formar modelos físicos, instancias económicas en la forma de pensar de las personas, frente a las cuestiones tratadas en la exposición, que no están de acuerdo con el modelo científico (modelo conceptual, que exige un procesamiento mental menos económico) que se encuentra involucrado en la cuestión. Con respecto a la teoría de Vygotski, ella fue utilizada para observar que el aprendizaje en los museos también debe ser visto como una actividad de grupo, que ocurre a través de un intercambio de conocimientos, actividad que es favorecida por la Zona de Desarrollo Proximal vygotskiniana (que muestra ser más favorable en grupos heterogéneos) (*ibid.*). Así, ese enfoque es adecuado en la medida en que el aprendizaje en los museos es visto como una interacción social que envuelve un proceso cooperativo. Las interacciones sociales pueden favorecer el aprendizaje de conceptos en la perspectiva de la Zona de Desarrollo Proximal antes mencionada, entre los participantes (padres e hijos, adultos y jóvenes, profesores y alumnos, monitores de la exposición y visitantes, estudiantes con mayor madurez y estudiantes con menor madurez o conocimientos) que, frente a la exposición, van a desempeñar un papel diferente en la forma de comunicarse mediante un proceso de interacción “semiótico” (Vygotski, 1984), lo que exige de cada uno diferentes sistemas de valores y conocimientos delante de lo que se encuentra expuesto. En esa interacción, la asimetría existente en términos de madurez entre los participantes a la hora de expresar el conocimiento, favorece la evolución o desarrollo cultural del individuo menos experimentado, según los resultados de la investigación efectuada por Gaspar. Este hecho fue observado en la interacción entre niños de siete y ocho años, frente a la comprensión del experimento específico que fue realizado durante ese estudio (Gaspar, 1993).

El efecto causado por las visitas a los museos y centros de ciencias fue estudiado con relación al comportamiento de los visitantes, –con atención a los procedimientos y a la predisposición–. De acuerdo con lo registrado por diferentes autores, se ha llegado a la conclusión de que estos espacios de divulgación científica consiguen provocar impactos en el sentido de motivar, provocar cambios de actitudes y despertar las aptitudes científicas (Hofstein *et al.*, 1982; Flexer *et al.*, 1984; Duesing, 1986; Finson *et al.*, 1987; Prats, 1988; George *et al.*, 1998; Erutuuli *et al.*, 1990; Price *et al.*, 1991; MacDonald *et al.*, 1992;

Brosard *et al.*, 2005; Falk *et al.*, 2007). Con respecto al efecto sobre el aprendizaje, algunas investigaciones relataron efectos favorables en el visitante con relación a una ampliación de la visión sobre la ciencia, aunque se observa que el paso por la exposición genera solo una comprensión limitada sobre determinados fenómenos (Lacey, 1988; Kubota y Olstad, 1991; Busque, 1991; Dierking y Falk, 1994; Sebastian, 1997). Con esos estudios no se pueden asumir resultados conclusivos a favor del aprendizaje. Otros autores colocan en duda el aprendizaje propiciado por la visita a los museos (Russell, 1990; Miles, 1991).

Algunas investigaciones sobre la enseñanza en los museos y las habilidades intelectuales puestas en práctica muestran que los alumnos tienen una predisposición al cuestionamiento, a la anticipación de una respuesta, así como a solicitar informaciones sobre los objetos expuestos (Allard y Larouche, 1998; Larouche y Allard, 1998; Meunier y Allard, 1988; Forest, 1994; Robitalill, 1977 *apud* Pérez *et al.*, 2004). Lo que ocurre, según Pérez, es que, en el proceso de apropiación del conocimiento en el museo, el hecho científico es tratado en un segundo nivel de lectura, o sea, de interpretación. Es necesario que haya un diálogo con el mediador, que pueda desarrollarse un continuo de ida y vuelta entre las preguntas y las respuestas, así como que a partir de los errores se reformulen las preguntas, de forma que se lleve a un nuevo cuestionamiento, cuando sea necesario, hasta que se llegue a un consenso. En esa interacción efectiva con el objeto en análisis y con el auxilio del intermediador, el alumno podrá aprender a establecer su credibilidad en el dialogo a partir del momento que aprende a proponer, a analizar, a criticar y a contextualizar (Pérez *et al.*, 2004).

De forma reciente, la comunidad científica europea perteneciente a la red de centros y museo de ciencias (**ECSITE**) busca evaluar el papel ejercido por los mediadores en el dialogo desarrollado en relación a las interacciones entre ciencia y sociedad (Rodari *et al.*, 2007). Los mediadores, además de que son proveedores de contenidos en contacto con los visitantes, ejercen también la función de facilitadores, de guías, de animadores en la interacción que el público debe realizar con los experimentos. De esta evaluación han aparecido dos enfoques diferentes sobre la comunicación científica. Uno de ellos plantea que es necesario que se deje de lado la comunicación centrada en lo que el público no sabe, para que se tome como punto de partida lo que el público sabe sobre lo que va a ser comunicado; mientras que el otro enfoque se refiere al hecho de que la comunicación no puede ser concebida con la idea de que en la interacción entre los mediadores y visitantes, solo los visitantes son los que amplían sus conocimientos o se encuentran abierto para

cambiar su forma de pensar (*ibid.*).

Para comunicarse con un visitante la primera cosa que es necesario realizar es definir lo que se quiere comunicar y cómo puede ocurrir esa comunicación. También es necesario que se acompañe la conducta del visitante para el aprovechamiento de este mensaje. En caso de que el proceso no se encamine de esa forma, no sabremos si fue posible que sea comunicado algo o no. Así no podremos definir el tipo de interacción que ocurrió entre el visitante y la exposición (Screven, 1976 *apud* Mora, 2007). La supuesta calidad de una exposición “interactiva” hizo con que muchos responsables por el desarrollo de *exhibits* para demostraciones pensaran que el contacto con el equipamiento no promueve la interactividad por sí sólo. Lo que ha sido mostrado en la práctica es que la funcionalidad de los equipamientos de la exposición está sujeta a las limitaciones de naturaleza física y conceptual cuando se quiere mostrar y justificar el fenómeno (Mora, 2007).

El papel del mediador no es el de ofrecer informaciones a una audiencia indiferente y pasiva. En su lugar se debe mantener una conversación de forma que se puedan exponer experiencias individuales y colectivas del público participante. El desarrollo de una adecuada conversación durante el proceso de mediación requiere que esta no sea solo sobre aspectos generales. Es necesario que se utilicen aspectos sutiles, para que se genere una capacidad de improvisación de acuerdo con lo que pueda aparecer durante el diálogo. Eso no es una tarea fácil, pues se necesita que haya una familiaridad con el conocimiento científico y tecnológico que está siendo expuesto. Así, es recomendable que se eviten los mensajes modelos y se pase para mensajes que puedan ser adaptados a la comprensión y expectativas del receptor, lo que hará que la conversación sea esencial para atender a la formación cultural del visitante (Rodari *et al*, 2007).

En la función de mediación de los museos y Centros de Ciencias también hay que considerar la perspectiva sociológica, de que el mediador necesita convertirse en un animador. Según Nascimento (1999), un animador científico nace de las tensiones y embates existentes entre el discurso del divulgador y del científico. Una primera impresión sobre el concepto de animar corresponde con la idea de creación, de movimiento, un acto de vitalidad, de constancia, de dinamismo, de acción, de cambio, de estimulación, de toma de conciencia. El modelo instituido en la práctica de la animación considera las actividades de divulgación de las ciencias como una transmisión de informaciones donde existen, con seguridad, resistencias y pérdidas de conocimiento (Nascimento, 1999). La animación requiere la participación activa del visitante con objetos en lo que solo la iniciativa

individual no es suficiente. Un nuevo enfoque en los mensajes exige que se aprenda a producir los conocimientos de forma colectiva, lo que es lo mismo decir que, producir las habilidades socio-cognitivas de reflexión, de creación y de trabajo que se manifiesta en grupo (*ibid.*). La animación científica se muestra como siendo de una naturaleza muy heterogénea, y en principio muestra la ciencia de manera diferente a la enseñanza que es practicada en la escuela, pero, de cierta forma, posee zonas de aproximación. Nascimento analizó el discurso de animadores y observó que la animación facilita la apropiación científica, técnica y cultural. La función mediadora del animador realiza el puente entre el visitante aprendiz y el producto/cultura. En ese estudio también se comprobó que el efecto de animar no es solo el de dar vida a un producto por medio de un discurso suplementario. Fue observado que el acto de animar es sugerir actividades en el sentido de promover, dinamizar e intercambiar reflexiones, dar una eventual ayuda técnica para que el aprendiz se haga activo, sin tener que tomar el lugar del propio aprendiz (*ibid.*).

Con relación a la formación y la composición de mediadores en la realidad brasileña, en la mayoría de los centros y museo de ciencias esta mediación es efectuada por monitores, que son alumnos en formación universitaria que desempeñan la función de interactuar con el público visitante. Según Ferreira *et al.* (2008), existen pocos estudios sobre el papel de los educadores que actúan en esos espacios. La formación de ese personal ocurre la mayoría de las veces de manera informal, lo que acarrea problemas de diversa naturaleza, tales como: accidentes con monitores y visitantes en el contacto con lo que se encuentra expuesto, informaciones pasadas de forma incorrecta sobre los fenómenos, así como posibles daños en los equipos debido a la falta de preparación adecuada para la manipulación y la atención al público. Delante de esta realidad el presente estudio efectuó un análisis histórico de la actuación de los monitores en el Museo DICA (Diversión con Ciencia y Arte) localizado en la ciudad de Uberlândia, en el estado brasileño de Minas Gerais. El análisis fue efectuado con base en los informes producidos por los monitores en los años de 2005 y 2008, así como en las propuestas de actividades desarrolladas de 2004 a 2008 y por la declaración de la coordinadora general del museo. El análisis realizado buscó preparar un proyecto de curso de formación para capacitación de los futuros monitores que puedan actuar en ese espacio. El curso de formación de monitores fue desarrollado por el equipo de monitores (alumnos con becas de Iniciación Científica con experiencia y que ya trabajaban en proyectos del museo). El curso fue elaborado para ser desarrollado en 20 horas, durante cinco sábados, con el objetivo de preparar alumnos de la *Universidad Federal de Uberlândia* (UFU), interesados en actuar como monitores voluntarios en

eventos de divulgación científica de ese Museo de Ciencias (*ibid.*).

Estos son apenas algunos aspectos característicos de ese tipo de aprendizaje informal, que a pesar de ser una actividad en expansión aún es poco conocido y explotado por los estudios en educación dentro de un enfoque psicológico cognitivista-constructivista. Como podemos observar, las investigaciones relacionadas al comportamiento de los visitantes frente a las exposiciones, aunque indican efectos favorables no son conclusivas sobre su efecto en el aprendizaje. El paso de la mayoría de los visitantes por la exposición, sin una composición con la programación escolar, puede ser vista simplemente como generadora de un efecto motivador, pues el sujeto descubre qué es el quehacer científico y como puede ser utilizado. Hace más de dos décadas que se busca, evidencias sobre la influencia de la exposición de los museos en el aprendizaje de Ciencias, en asociación o sin asociación con las escuelas. Lo que consta en la bibliografía no muestra resultados definidos y se recomiendan nuevos estudios. Lo que es investigado indica pros y contras sobre la existencia de aprendizaje tratándose de una cuestión que ha generado polémica entre los especialistas que han realizado investigaciones sobre la exposición de los museos (Gaspar, 1993; Belkin, 1976; Sebastián, 1997; Constantin, 2001; Friedman, 2002b; Pérez *et al.*, 2004; Vieira, 2005; Ribeiro *et al.*, 2005; Gruzman *et al.*, 2007).

De esa forma, existen dudas sobre si el acto de divulgar debe traducirse necesariamente en un acto de enseñar con posibilidades de aprender. De esa forma, no se aprende ciencia por el simple hecho de frecuentar museo de ciencias. El paso por la exposición sin una propuesta más amplia de interacción con la programación escolar y sin la utilización de estrategias bien definidas de actuación con el contenido abordado, puede llevar a que la visita sea, apenas, un momento de entretenimiento (Constantin, 2001), donde tendrá solo un sentido motivador, que puede traer un dinamismo para el aprendizaje de Ciencias. La visita *per se*, sin mayores articulaciones, puede llamar la atención para lo que sea ciencia, pero no dará lugar a una estructuración del pensamiento científico contenido en el mensaje. Así, la tarea educativa de los museos difiere de lo que es realizado en la escuela. Mientras que los museos consiguen crear condiciones propicias para el aprendizaje, la escuela consigue sistematizar con más tiempo el conocimiento asociado para efecto de aprendizaje (*ibid.*).

De esa manera ¿podemos cuestionar sobre lo que se aprende realmente en los museos? ¿Cómo se aprende y qué factores pueden influir en ese aprendizaje? ¿Los museos en general son locales de aprendizaje donde los visitantes enriquecen sus conocimientos con

experiencias que se complementan y amplían el conocimiento adquirido principalmente en la escuela? ¿Durante la visita, en la intensa actividad ejercida con entusiasmo por niños y adolescentes realmente se aprende o simplemente se juega y se divierte? (Pérez *et al.*, 1998). Existen estudios muy críticos sobre el efecto causado por la enseñanza de los museos donde se caracteriza que los visitantes no aprenden a través de los juegos o situaciones de exploración de las exposiciones (Shortland, 1987 *apud* Pérez *et al.*, 1998). Pero hay que señalar que Yahya (1996), que se dedicó a analizar las teorías del juego en Piaget, Freud, Froebel y en Montessori, así como la teoría de aprendizaje de Norman, entre otros estudios sobre motivación, concluyó, después de numerosas visitas para acompañar las acciones de los centros de ciencias, que no debería buscarse una distinción entre si era juego o si era aprendizaje. O sea, en vez de pensar si se está aprendiendo o simplemente jugando, debería pensarse mejor en que si se está jugando, es que se está desarrollando una aproximación exploratoria a su vida para, quien sabe, si se construyen las bases para una futura carrera de investigación científica o apenas se aprende sobre hechos y formas (Yahya, 1996, *apud* Pérez *et al.*, 1998). Sin embargo, esas conclusiones fueron obtenidas apenas con base en el interés y en la actividad de participación frente a los módulos de la exposición. Esto lleva a la afirmación de que la visita a los museos no es solo el paso desapercibido de los cuestionamientos. Lo que se aprende debe manifestarse, tal vez, más adelante, cuando se madure la mente o al estudiar cosas nuevas relacionadas a lo que quedó marcado en determinada época, sin una comprensión definida o exacta de la ciencia relacionada (Pérez *et al.*, 1998).

Hay que añadir, que llegando a este punto, el grado de involucramiento con la exposición para efectos de aprendizaje depende de una base de presupuestos teóricos que necesitan ser relacionados a lo que se está mostrando. Así, para estructurar la programación de una exposición es necesario conocer las condiciones con las que se puede realizar el proceso de aprendizaje entre los visitantes. Los visitantes necesitan tener ya formada una cierta comprensión de la estructura conceptual de los fenómenos naturales involucrados o que ya estén en vías de formación (lo que no significa necesariamente que ya esté desarrollado en la enseñanza escolar o sea de naturaleza científica). Para que se pueda explicar lo que se observa y (o) con lo que se interactúa en la exposición es necesario que haya concepciones previas con las que se puedan extraer algunas ideas sobre ese hecho. Eso es fundamental para poder establecer una justificativa científica o generar un conflicto con la descripción científica (Fecher y Rice, 1985 *apud* Pérez *et al.*, 1998).

Aún sin tener una idea del grado de eficacia con que ocurre el aprendizaje en los museos, los profesionales que actúan en ese espacio propician “momentos inolvidables para sus visitantes”, que hacen que las personas se maravillen con los fenómenos con los que están teniendo el contacto. Por el potencial motivador establecido durante la visita, la eficacia de la acción del museo para efecto de aprendizaje va a depender de la secuencia con el que los experimentos están correlacionados dentro de un mismo tema. En esa sucesión de hechos interrelacionados pueden ser abordados diversos aspectos que pueden provocar algún aprendizaje o apenas estimular la imaginación despertando la curiosidad para una búsqueda posterior de significado (Constantin, 2001). En este contexto, una observación importante es la de que los museos pueden ser utilizados para fines educativos si se diferencia el aprendizaje que puede ser efectuado en ellos con respecto al que se proporciona en la escuela (Pérez *et al.*, 2004).

En el sentido de cualificar el acervo y el trabajo de mediación realizado en la exposición, así como el de promover una mayor participación de los visitantes con las exposiciones, en algunos estudios que no tuvimos un interés mayor para incorporarlos aquí, los autores recomendaron algunas acciones que sí merecen ser mostradas. Esas acciones tienen que ver con los aspectos siguientes: averiguar los efectos a largo plazo para intención o vocación con la ciencia de los monitores (jóvenes y adultos), cuando participaron en un programa de mediación en el que tuvieron que enseñar ciencia al público visitante (Diamond *et al.*, 1987); considerar en la agenda de la ida al museo un primer contacto que antecede a la visita para crear una expectativa motivadora (Falk *et al.*, 1992); relacionar aspectos socio-culturales a lo que va a ser mostrado [Falk *et al.*, 2000]; tener preocupación con la naturaleza del aprendizaje que puede ser promovido (Falk *et al.*, 2005); averiguar los efectos de la visita sobre la actitud hacia la ciencia o para la integración entre ciencia, tecnología y sociedad, despertada en los alumnos de diferentes niveles de enseñanza (Mallon & Bruce, 1982; Finson, *et al.*, 1987; Tan, 1988; Jarvis *et al.*, 2005); hacer una reflexión sobre el impacto educativo y sobre la dimensión emocional y temporal del aprendizaje que puede ser promovido (Javlekar, 1991; Ugarte *et al.*, 2005); utilizar temas emergentes de mucha receptividad en la sociedad (Donald, 1991; Anderson *et al.*, 1997; Melber *et al.*, 2005); observar el efecto de lo que fue mostrado durante la visita en la motivación hacia la ciencia (Rennie *et al.*, 2004; Sandifer, 2003; Allen, 2004) y, finalmente, tener la preocupación con la formación específica del profesor de la escuela en relación con la programación constante en la visita (Proctor, 1973; Gil *et al.*, 1982; McManus, 1992; Chin, 2004; Malber y Cox-Peterson, 2005). Queremos señalar que algunas

de esas acciones irán a estar presentes en otros estudios donde participan algunos de los autores aquí citados, así como en otros, que escogimos para revisar con más detalle y traer más subsidios, o sea, para un entendimiento mayor sobre lo que pretendemos estudiar en esta investigación

En relación con las experiencias brasileñas, para el estudio teórico sobre las propuestas de los museo de ciencias y la enseñanza de ciencias en espacios no formales fue creado un grupo de discusión virtual en la plataforma *Yahoo*. El grupo virtual posee un mediador responsable por la colocación del material didáctico, así como para proponer actividades e iniciar la discusión sobre el tema. En ese sentido son seguidas las siguientes etapas: a) descripción de la actividad y plazos en el sector “agenda” del grupo; b) lectura de texto que está disponible en un archivo; c) elaboración de comentarios sobre el texto; d) subir los comentarios en un archivo disponible para el grupo de discusión; e) intercambio de mensajes con respecto a los comentarios; y f) cierre de la discusión. El material bibliográfico ofrecido tomó como base artículos, tesis y disertaciones de autores brasileños sobre los siguientes temas: a) historia de los centros y museo de ciencias en Brasil; b) panorama actual de los centros y museo de ciencias; c) educación formal y educación no formal; d) concepto de centro y Museo de Ciencias; y) modelos de educación en ciencias; f) enfoques de educación en exposiciones de museos; y g) divulgación científica y ciudadanía (Gaspar,1993; Albagli, 1996; Fahl, 2003; Marandino, 2004; Jacobucci, 2006). Por lo que constatamos el sitio web continúa abierto con los últimos registros de interacción entre los elementos del grupo ocurrido en el mes de febrero de 2008 (<http://br.groups.yahoo.com/group/centrodecienciasufu/>).

Pasaremos ahora a buscar subsidios, en la manera por la cual la exposición puede trabajar en conjunto con la programación escolar con el sentido de indicar caminos para una mayor eficacia en la actividad de enseñanza desarrollada en los museos.

En el último estudio presentado en este subcapítulo, el aprendizaje significativo es tratado de forma más amplia que en otros estudios que ya fueron descritos hasta aquí en esta revisión. En él existen preocupaciones con la organización de la estructura del contenido de la exposición, además de llevar en cuenta los conocimientos previos que traen los visitantes, y también considerar los organizadores previos elaborados para atender a la programación de la visita. Falk y Dierking (2005), cuestionan en este estudio las dificultades que existen cuando se consigue afirmar que: como consecuencia simplemente de una visita a un museo de ciencia el público aprende algo. Según esos autores el hecho de aprender en los museos

se coloca como una consecuencia tan común en algunas comunicaciones en esta área que causa la impresión de que el concepto de aprendizaje pueda ser de sencilla comprensión. Sin embargo, para todos aquellos que investigan el aprendizaje efectuando apreciaciones, el aprendizaje a pesar de que se muestra como un término común, no es tan sencillo de definirse conceptualmente, especialmente cuando estamos intentando comprender y registrar la libre elección de aprendizaje (que ocurre cuando los individuos tienen posibilidades de elegir y controlar sobre qué, dónde, cuándo y cómo consiguen aprender) (Falk *et al.*, 2005).

Este estudio efectuó un análisis cualitativo-cuantitativo, utilizando una muestra constituida de elementos diversificados, que incluían visitantes diferentes, por su edad, poder adquisitivo, ocupación, niveles de instrucción (variando desde individuos que presentaban apenas conocimientos rudimentarios en ciencias hasta situaciones particulares de participantes que demostraban que tenían grandes conocimientos previos en biología). Frente a la diversidad de la muestra fueron consideradas tres diferentes tipos de herramientas de aprendizaje para el trabajo de los visitantes, según la capacidad de asimilación que mostraban. Ese estudio trae, inicialmente, una visión general de lo que sus autores estaban desarrollando a partir de los estudios anteriores, donde mostraban las maneras por las que se concibe el aprendizaje de la ciencia como de libre elección a través de las visitas a los museos (Falk, 1999; Falk y Dierking, 1995; 2000; 2002, *apud* Falk *et al.*, 2005). El presente artículo muestra que para tener una comprensión de lo que se puede aprender en ciencia a través de la exposición del museo es necesario que se conozca la complejidad de lo que se propone en los experimentos elaborados (Falk *et al.*, 2005).

Existe así, en ese estudio, una preocupación por situar la naturaleza del aprendizaje en los museos como algo que es al mismo tiempo raro y simple que ocurra individualmente, debido a la diversidad de opciones colocadas por el museo. Como premisa del estudio se afirmaba que, cuando el visitante escoge y se dedica a aprender algo, lo consigue. Sin embargo, el acto de elegir libremente entre las diversas experiencias mostradas a los visitantes es tan selectivo que la elección es condicionada por una decisión que está influenciada fuertemente por lo que ellos ya saben y lo que les despierta el interés (*ibid.*).

En ese estudio fueron enumerados los once factores que más influyen directa o indirectamente en el aprendizaje en los museos, entre otros que puedan existir y no fueron considerados. Esos factores fueron clasificados como pertenecientes a tres naturalezas distintas: la del contexto personal, la del contexto socioeconómico y la del contexto de

cómo se encuentra estructurado el espacio físico. Existen cuatro factores en relación al contexto personal: la motivación y las expectativas; el conocimiento y las experiencias traídas (los conocimientos previos adecuados); los intereses y las creencias traídas; y la elección y control efectuados, así como dos factores que están relacionados al contexto sociocultural, que son: estar insertado dentro del grupo de mediación social, y la cooperación que facilita la mediación entre los elementos del grupo. Por último, hay cinco factores en relación al contexto físico que son: los “organizadores previos” ausubelianos; la orientación y organización del contenido promovida dentro del espacio físico; la arquitectura y el ambiente en grandes proporciones; la concepción de la exposición y el contenido de los rótulos; el efecto de continuidad posterior reforzando eventos y experiencias adquiridas fuera del museo (que no puede ser controlado, por lo que no fue llevado en consideración en este estudio) (Falk *et al.*, 2005).

Según Falk y Dierking (2005), todos los factores contribuyen, tanto de forma colectiva como individual para cualificar la exposición del museo para efectos de aprendizaje. Los factores incorporados en este estudio como variables de investigación deben influenciar de forma diferenciada el aprendizaje en relación a los diferentes niveles de instrucción de los participantes. Ese estudio buscó mostrar que todas las variables tienen impactos determinables en la participación de los visitantes, donde unas variables ejercen una mayor influencia que las otras. No se debe dejar así de interrelacionarlas para poder visualizarlas como un todo a la hora de analizar las condiciones en que puede ocurrir el aprendizaje. Por ejemplo, si una o más de estas variables explicasen, por ejemplo, la mayor parte del aprendizaje inmediato que ocurre a corto plazo, este hecho, por sí solo, no traduciría la potencialidad que el momento de la visita pudiera traer para atender las más amplias pretensiones con relación al aprendizaje (Falk *et al.*, 2005).

Según esos autores, las mejores evidencias para que se comprenda el aprendizaje al nivel de los individuos en el mundo real, indican que el aprendizaje difiere funcionalmente de acuerdo a las condiciones, o sea, de acuerdo a las variables o factores presentes en el contexto en el que la enseñanza ocurre. Afirman así que, aprender en museos no es lo mismo que aprender en otros ambientes. Como se puede observar, ese modelo contextual de aprendizaje proporciona medios para organizar un gran número de detalles que brindan riqueza y autenticidad al proceso de aprendizaje en museos, sin impedir una captación holística por parte del visitante (*ibid.*).

En el análisis de los resultados, un hecho observado fue que el conocimiento

limitado observado en una parte de la muestra no implicó que ellos mostrasen intereses limitados por la exposición. Otro hecho comprobado fue que existía entre los participantes un interés diversificado por el asunto mostrado. En lo que dependía de la predisposición de los visitantes para la comprensión de un hecho expuesto, que les despertase la atención, independiente del conocimiento traído, hubo ganancias significativas en la comprensión, llevándose en consideración los límites de cada uno. Sin embargo, cuando se mostraba poca predisposición y poco conocimiento, a pesar de haber la elección libre, no se observó la iniciativa para aprender (Falk *et al.*, 2005).

Las principales conclusiones tomadas de los resultados obtenidos por Falk y Dierking (2005), refuerzan dos aspectos importantes que los autores han buscado caracterizar en este área de investigación. El primero de ellos fue que los visitantes de los museos de ciencia aprenden de hecho ciencia, lo que sugiere que la ciencia presentada en los museos es particularmente útil en el sentido de que facilita que los conocimientos en ciencia sean direccionados para la vida auxiliando en la formación de la ciudadanía. Por lo que fue acompañado se puede concluir que todos los visitantes, de alguna forma obtuvieron, a través de la exposición, una comprensión medible, lo cual se atribuye al hecho de que el trabajo desarrollado busca realzar un enfoque de la ciencia que sea de utilidad para la vida (*ibid.*).

El segundo aspecto importante fue que la naturaleza exacta del aprendizaje ocurrió en el universo de una exposición en ciencia estructurada por el aspecto de su utilidad para atender a las cuestiones relacionadas con la vida, y que tenía también la influencia favorable de la opción de la elección libre. Así, la misma era diferenciada por una serie de factores inherentes a los visitantes (que dependía de quienes eran, lo que ya sabían, por qué vinieron y lo que realmente vieron e hicieron con los experimentos con los que tuvieron contacto). Aún dentro de este aspecto del modelo de aprendizaje contextual, el mismo, además de presentar una estructura volcada hacia su utilidad, en el enfoque al contenido, comenzaban por situaciones de mayores complejidades de aprendizaje, dando, al inicio, las ideas más amplias y generales, según recomienda la perspectiva ausubeliana. Los autores afirman, a través de este estudio, que el aprendizaje en los museos necesita que se considere como un fenómeno de análisis complejo, que debe estar sujeto a las posibilidades de predicción y descripción como las efectuadas en ese estudio de revisión (*ibid.*).

## **2.3 - Estudios relativos a una acción integrada del museo con el profesor y la escuela.**

### **2.3.1- Un panorama histórico.**

En nuestra investigación tenemos el propósito de averiguar, en asociación con el profesor, cómo podremos ayudar a la escuela a incorporar una formación dirigida a la asimilación de conceptos técnico-científicos. En ese sentido, inicialmente, en la propia bibliografía internacional que divulga los trabajos educacionales en los museos, aparece pocas menciones a investigaciones sobre la interacción escuela-museo. Son solo pocos museos, como *La Villete*, de París, que se preocupan con ese asunto, pero en una única dirección, del museo hacia la escuela (Penchansky, 1995 *apud* Alderoqui, 1996). Sin embargo, un artículo de revisión de los estudios realizados en la misma época también mostraba que ya existía en la bibliografía un amplio tratamiento sobre el efecto de la exposición, lo cual caracteriza una evolución en el conocimiento y (o) en las actitudes despertadas hacia la ciencia que los museos divulgan (McClafferty *et al.*, 1993). La razón de ese estudio fue el rápido crecimiento de la acción de los museos y Centros de Ciencias y de su impacto en la promoción de la ciencia al público en general, lo que llevó a que una gran cantidad de investigadores se dedicara a estudiar la enseñanza informal de ciencias, donde puede o no haber una acción integrada con el profesor o con la escuela. En las investigaciones revisadas fue utilizada una variedad de instrumentos y métodos para estudiar la existencia de una evolución en el conocimiento o cambios actitudes sobre la ciencia. Según ese estudio ya existía en la época 38 trabajos relacionados con el aprendizaje cognitivo, afectiva y psicomotor, los cuales fueron clasificados en grupos, de acuerdo con el método, técnica y finalidad específica de la investigación (*ibid.*).

Los efectos entre los participantes de esas visitas de un modo general (asociados o no con la programación escolar) fueron analizados dentro de algunas categorías para la sistematización de los resultados. La clasificación efectuada utilizó los siguientes aspectos: efectos sobre la cognición; efectos sobre las interacciones entre los elementos del grupo (de un mismo nivel de formación, o sobre las interacciones entre niños y adultos); efectos sobre el impacto causado en el grupo escolar visitante; efectos sobre el impacto que estos espacios causan a los profesores de la escuela; así como los efectos sobre el impacto causado en los visitantes de forma individual. La finalidad de esa revisión fue la de acompañar las técnicas utilizadas por los investigadores en relación con la introspección de los niños que aprenden por medio de la enseñanza informal de los museos y Centros de Ciencias (*ibid.*).

Con el análisis efectuado por McClafferty *et al.* (1993) de los resultados obtenidos, se puede concluir que los profesores de las escuelas, al llevar a sus grupos de alumnos a las visitas buscando los recursos existentes en esos espacios, encontraron desajustes existentes entre las exhibiciones y la programación escolar, lo que exigió que los alumnos participantes tuvieran la capacidad de diferenciar y relacionar diferentes contenidos presentes en las actividades de una forma que no estaban acostumbrados a trabajar en la educación escolar (*ibid.*).

Un comentario importante observado en ese estudio para efecto de registro fue que existía en aquella época una gran dificultad para la divulgación de los trabajos de esa naturaleza, pues ellos eran publicados en forma de monografías o en revistas que tenían una circulación limitada, por lo que quedaban restringidos a los espacios museológicos de divulgación científica. Pocos trabajos eran encontrados en los medios que divulgan experiencias de la investigación en educación en ciencias. En algunos casos esos estudios llegaron a ser realizados, pero se convirtieron en informes confidenciales para cumplir las exigencias de los sectores oficiales del gobierno que estudian las directrices y metas para la acción de los museos (*ibid.*).

Con los desafíos oriundos de la evolución de la información y de la comunicación hacia el final del siglo XX, pasaron a existir cambios culturales que demandaban nuevas formas para trabajar con el conocimiento. El desarrollo tecnológico constante afecta profundamente la organización social. La comunicación en masa, por ejemplo, ha traído una universalidad cultural conducida por la participación del público en la realidad internacional y en los asuntos de la ciencia (Gruzman *et al.*, 2007; Sartori, 1992 *apud* Constantin, 2001). De esa forma, uno de los grandes retos de la educación actual es preparar a los individuos y generaciones para que puedan vivir en contextos sociales plurales, con conocimientos y dominios de habilidades dinámicas (Gouvea y Leal, 2001 *apud* Elias *et al.*, 2007).

Debido a la dinámica de la transformación social, los museos pasaron a asumir un compromiso social de prestador de servicios al público, pasando así a atender a las convocatorias que destinaban recursos para la realización de programas educativos destinados a la educación y a la cultura integral a lo largo de toda la vida de las personas, por lo que hubo la necesidad de buscar la consolidación de las relaciones con la escuela (Gruzman *et al.*, 2007). En ese contexto es que surge el tema del papel que los mediadores del museo y los profesores de la escuela necesitan ejercer para atender a las cuestiones de la naturaleza contextual que la ciencia aplica en el día a día. Para eso, se hace necesario

romper con los modelos tradicionales de transmisión del conocimiento que aún existen, tanto desde la perspectiva de la escuela (que ocurre en mayor escala), como desde la de los museos (que ocurre en menor escala), para que esas dos instancias se vuelvan un campo fértil de prácticas educativas innovadoras donde se promueva una interacción más cercana con las personas, buscando contribuir para la construcción de una ciudadanía globalizada (*ibid.*).

### **2.3.2- Una visión actual.**

Los museos y centros de ciencia interactivos han sido, en los últimos años, puntos de referencia para la realización de visitas de estudio que los profesores de las escuelas ya se habituaron a incluir en su plan anual de actividades. Debido a la relevancia de los referidos espacios, en un contexto de enseñanza-aprendizaje multidisciplinario se buscó desarrollar un trabajo extendido a tres museos e involucrando a un número muy grande de profesores y alumnos visitantes de diferentes niveles de enseñanza (Ribeiro *et al.*, 2005). Según ese estudio, el objetivo fue investigar las razones y la importancia atribuida por los profesores que llevaban sus grupos escolares para visitar esos espacios. Para eso, fue necesario acompañar la forma como esos docentes planeaban y dinamizaban las visitas a partir de la participación de sus alumnos. De esa forma, se buscó observar y describir los comportamientos de los alumnos durante la visita, averiguando el interés demostrado por los alumnos en la interacción con la exposición. También se buscó saber si las estrategias que esos espacios interactivos desarrollan en su programación permiten que los profesores promuevan las visitas con éxito. Ese hecho va a estar relacionado a la interactividad establecida y al interés de los alumnos por las actividades experimentales promovidas. Para eso, fueron analizadas las respuestas, de los profesores y de los alumnos a cuestionarios que incluían preguntas en diversos formatos y también fueron realizadas entrevistas medio dirigidas que fueron sometidas, posteriormente, a un análisis de contenido. Los datos obtenidos revelaron que los profesores buscan los museos porque desempeñan un papel importante en la concretización del aprendizaje. Quedó comprobado que los museos consiguen estimular a los visitantes a la creatividad, despertando la curiosidad y aumentando la motivación. En relación al comportamiento observado de los alumnos durante la visita se verificó que existe persistencia en la interacción con los módulos, lo cual da indicios de existencia de motivación, curiosidad y deseo de saber. También se verificó que ese espacio consigue promover la socialización y que es importante la presencia de los

profesores en el acompañamiento de la visita. Así, las competencias que se desarrollan están directamente relacionadas con la promoción de la autoconfianza, de hábitos de investigación, de incentivo al trabajo en grupo, que trae una nueva dinámica en la interacción con el conocimiento científico. Los alumnos también mostraron que les gusta visitar ese espacio porque aprenden de forma divertida (*ibid.*).

Por otro lado, se verificó que a aquellos que más les gustaba interactuar traían preguntas que normalmente no se encontraban en sus contenidos programáticos escolares. Así, lo que los atrae era mucho más por el desafío que por lo que los propios fenómenos proporcionan en su relación con la realidad. Fue observado que la visita se justifica mucho más por cautivar un poco más a las personas hacia las áreas científicas y a aproximar más la sociedad civil a la sociedad promotora de ciencia y tecnología que por el hecho de contribuir a asociarse buscando complementar de forma articulada el contenido escolar. Sobre la capacidad de los museos para promover el aprendizaje, fue determinante la afirmación de los visitantes de que salieron de allí más enriquecidos sobre los saberes que podrían ser posteriormente explorados. Otro hecho importante observado se refiere a la intervención de los profesores durante la exposición, pues fueron pocos los que tuvieron la preocupación de hacer una preparación previa en sala de aula para que la visita ocurriera con éxito (*ibid.*).

Los estudios sobre la utilización de los museos con fines educativos con vistas a potenciar una colaboración con la escuela han permitido formular un modelo de utilización de los museos con ese fin (Allard y Boucher, 1991; Allard y Forest, 1991 *apud* López *et al.*, 2004). Este modelo toma por base que el objeto de estudio museográfico es abordado dentro de tres perspectivas: la interrogación, la observación, y la apropiación, las cuales deben estar articuladas en un proceso de enseñanza investigativa que lleve en cuenta los siguientes puntos: formulación de preguntas, resolución de datos, análisis y síntesis, los que también deben ser realizadas en tres etapas sucesivas: la de preparación, la de realización y la de prolongamiento, que involucran los dos ambientes de estudio: la escuela y el museo (*ibid.*). En ese modelo también se añade que la acción en la escuela necesita ocurrir en tres momentos diferentes: antes, durante y después de la visita (Legendre, 1983 *apud* *ibid.*).

Según López *et al.* (2004), los elementos o la situación pedagógica del modelo propuesto anteriormente son: la didáctica, la enseñanza y el aprendizaje, dentro de la siguiente perspectiva: en la didáctica vamos a tener la planificación de un contenido por un agente que favorece el aprendizaje; mientras que la enseñanza debe ser vista como un

proceso de comunicación capaz de desarrollar el aprendizaje. El aprendizaje es considerado un proceso de adquisición de conocimientos y desarrollo de habilidades y competencias. En él se establece una situación pedagógica entre tres elementos: el sujeto, o sea, la persona o grupo de personas sometidas a esa situación; el agente, que es el mediador que facilita el aprendizaje del objeto para el sujeto; y el objeto, que se refiere al fenómeno expuesto, el cual posee objetivos, metodología y los contenidos de cierta programación (Lopez *et al.*, 2004). Como puede ser visto, las tendencias de la enseñanza en ciencias, así como las propuestas pedagógicas presentes en los museos enfatizan el papel de la acción del sujeto en el aprendizaje (Cazelli *et al.*, 1999).

López *et al.* (2004) también afirma que debe ser observado que en ese modelo la relación de enseñanza se establece de forma bilateral, entre el agente y el sujeto, como un proceso de comunicación capaz de favorecer el aprendizaje (*ibid.*). Debe también ser observado que la relación que une al alumno-visitante con la temática, no se limita a un aprendizaje en el sentido puramente cognitivo, pues se incorporan también otros valores, como la afectividad, la imaginación y las sensaciones. López *et al.* Concluye con esto que no se puede reducir el proceso de enseñanza-aprendizaje simplemente a la relación que se establece entre el agente y el visitante. Mejor sería pensar esa relación como un procedimiento de apoyo que ocurre por estrategias y medios planificadores, constituyendo en la parte interviniente del proceso de la cual participan el museo y la escuela. Así, al agente le cabe planificar el contenido para que sea apto a favorecer un aprendizaje que va a depender de las potencialidades cognitivas del sujeto (*ibid.*). En ese artículo no quedan claras las funciones específicas desarrolladas en el ambiente escolar y las del museo, con respecto, por ejemplo, al uso de una planificación y (o) de una estrategia. Tampoco está explícita la manera de relacionar y unificar el trabajo desarrollado en los dos ambientes, que es lo que buscaremos explicar en nuestro estudio.

Según Vieira (2005), los museos y Centros de Ciencias ofrecen la oportunidad de suplir parcialmente algunas lagunas dejadas por la formación escolar como son la falta de laboratorio, de recursos audiovisuales, entre otros recursos conocidos por estimular el aprendizaje. En su estudio, realizó una evaluación cuantitativa del aprendizaje en un espacio no formal de la ciudad de Rio de Janeiro, donde utilizó contenidos de ciencias con alumnos del segundo segmento de la enseñanza primaria. Esos alumnos participaron de una “clase no formal”, donde la evaluación de esta actividad mostró la importancia de esa clase que utilizó el espacio del museo para favorecer el proceso de aprendizaje de los contenidos que

fueron trabajados (Vieira, 2005). Los alumnos también reconocieron que la actividad en ese espacio estimuló el interés por el aprendizaje. La investigación, sin embargo, recomienda un análisis más profundo de la función de esos espacios y de los contenidos en ellos presentes para un mejor aprovechamiento escolar y concluye que los resultados obtenidos, sugieren que cuando los espacios de los museos y centros de ciencias se encuentran bien relacionados, pueden ser buenos aliados de las clases formales de la escuela (*ibid.*).

Según Guisasola *et al.* (2005), las visitas a los museo de ciencias pueden proporcionar un complemento para el aprendizaje de ciencias que se realiza en las escuelas. Sin embargo, los museos son ambientes informales de aprendizaje donde los profesores generalmente tienen muy poco control sobre las ideas que están implicadas en las experiencias con las que los alumnos entran en contacto. De esta forma, es necesario que el profesor conciba cuáles son los materiales educativos colocados en la visita al museo que pueden integrar aprendizaje entre las escuelas y los museos. Para eso el profesor debe considerar que esos materiales estimulan el interés y la curiosidad de los alumnos, promoviendo el aprendizaje independiente mediante el trabajo en un grupo guiado por el profesor. El artículo tiene como objetivo explicar cómo esos materiales educativos fueron concebidos y cuáles son las principales características de su propuesta de aprendizaje (Guisasola *et al.*, 2005).

Los museos tienen una preocupación constante sobre su función educativa en las ciencias y buscan saber para qué sirve el estudio de ciencias. La educación científica escolar reconoce los caminos que los programas de enseñanza de ciencias necesitan tomar con el auxilio de los museos, para que el alumno tenga acceso a un universo de la ciencia que va más allá de lo que se puede ver en sala de aula. De esa forma, los museo de ciencias deben ofrecer la oportunidad a los profesores y a la escuela para que puedan trabajar con experiencias científicas que sean apropiadas al nivel de comprensión de los alumnos (*ibid.*).

Guisasola *et al.* (2005), se refieren a las características de una exposición de un museo como algo que es eficaz para las visitas escolares en su concepción de promoción de los recursos pedagógicos. Un importante problema con respecto a la enseñanza escolar que ocurre en las visitas, es que el aprendizaje no se dimensiona apenas por el contexto informal practicado. El aprendizaje informal es en muchos aspectos diferente al aprendizaje escolar, por sus características de ser indirecto, exploratorio, voluntario. Es un aprendizaje impulsado por la curiosidad, por la observación, por la actividad, por la especulación y por teorías contrastantes (*ibid.*).

Según ese estudio, las diferencias de esos trazos en relación a los sectores académicos que actúan en el contexto formal, puede explicar las divergencias que normalmente ocurren cuando se quiere llevar el enfoque de la enseñanza formal para contextos informales de enseñanza como son los museo de ciencias. De esa forma, la concepción de la escuela en querer facilitar el aprendizaje de su programación de enseñanza a partir de la visita de sus estudiantes a los recursos existentes en los museos encuentra incompatibilidades frente a los objetivos de cada sector. Los resultados de las investigaciones encontradas en la bibliografía sobre el uso de la ciencia de los museos como instrumentos de aprendizaje escolar indican que los profesores programan esas visitas estableciendo objetivos muy generales y limitados frente a la riqueza de conocimientos que pudieran ser explotados en ese acervo. Por eso, según el estudio, se pierde la oportunidad de extraerse de las visitas una visión de ciencia que podría estar insertada, principalmente, como un medio de intervención social. Otro comentario referente a la revisión de la bibliografía, es el de que, estudios anteriores muestran que los estudiantes generalmente van muy poco preparados en conocimientos y tampoco son asesorados en la mediación que es necesario que los profesores de la escuela realicen mientras acompañan a los alumnos en esas visitas (*ibid.*).

Por el contraste que normalmente existe entre el contenido de la visita y la programación escolar y porque no existe una preparación y un cuestionamiento previo que facilite la visita del escolar, Guisasola *et al.*, (2005), utilizó en ese estudio el *Centred Learning Materials*. Eran materiales educativos ya propuestos, que fueron utilizados en el estudio con la intención de facilitar el aprendizaje a través de la interacción museo-escuela. El objetivo fue el de integrar la visita de los alumnos con las propias preguntas o temas que fueron previamente analizados en la escuela, asegurando que los estudiantes tuvieran un apreciable control de las informaciones que irían a buscar en la exposición del museo. De esa forma, las informaciones proporcionadas por el museo fueron decididas anteriormente a través de los parámetros curriculares de la escuela. El estudio utilizó tres principios para efectuar el análisis crítico de las conclusiones de la visita y de lo que fue utilizado como nuevas ideas con las que los estudiantes debían entrar en contacto (*ibid.*).

El primer principio fue el de considerar que para crear condiciones eficaces de aprendizaje el contenido de la visita al museo fuese integrado al ámbito de la programación escolar en el período de la investigación. De esa forma, los asuntos fueron buscados en el museo con base en el contenido de la programación escolar y con algunas aplicaciones

tecnológicas. Así, la connotación de lo que fue visto en el museo tomó como base una parte importante de la programación de las unidades escolares de aquel año lectivo. El segundo principio busca el desarrollo de la autonomía cuando los alumnos fuesen estimulados a realizar su propia investigación durante la visita con base en las informaciones y cuestionamientos que se iban presentando en la sala de aula antes de la visita. El tercer principio era el de orientar a los alumnos previamente a través de fotos, diagramas e informaciones para que se familiarizasen con la estructura del espacio de exposición, para facilitar y ganar tiempo, de esa forma, frente a las informaciones que serían buscadas durante la visita (*ibid.*).

Las conclusiones del estudio muestran la idea de que para que el aprendizaje ocurra en los museos, en particular en el caso de las visitas escolares, la comprensión conceptual de la ciencia explorada, las expectativas y también las actitudes fueron condicionadas por las ideas previas que el educando trabajó previamente en la escuela. De la misma forma que en la enseñanza formal, donde ya existen muchas evidencias de la práctica de una enseñanza de memorización de fórmulas que lleva a un mal aprendizaje, en el caso de la enseñanza informal, si los estudiantes visitan un museo sin tener claros los objetivos y estrategias programadas, apenas podrán reunir informaciones basadas en problemas discutidos anteriormente, lo que según ese estudio constituye un desperdicio de tiempo y dinero. Los resultados del estudio mostraron por medio de los análisis cualitativos efectuados, que el proceso de enseñanza-aprendizaje ocurrido en las visitas al museo trae resultados satisfactorios para la enseñanza escolar desde la perspectiva de la incorporación del material educativo existente en el museo para la acción de integración escuela-museo que se ha realizado (Guisasola *et al*, 2005).

El estudio que acabamos de presentar, trajo algunos subsidios para los objetivos y procedimientos de lo que se encuentra propuesto en nuestra tesis. Sin embargo, se diferencia en el hecho de que tenemos la intención de que el contenido de la programación que desarrollamos en la *Usina Ciencia* pueda influenciar y condicionar un cambio de rumbo en la programación escolar y no lo inverso como fue propuesto en ese trabajo. En el estudio presentado a seguir de Tran (2007), además de los subsidios proporcionados mediante la extensa revisión bibliográfica que fue efectuada, también trae una crítica, pues condena el hecho de poner la iniciativa de los organizadores de la exposición del museo, si se quiere adaptar el contenido de su programación para atender, en esencia, las pretensiones de la programación escolar.

Según afirma Tran (2007, p. 278-297), los “*museum educators*” (educadores de museo, que estamos denominando en nuestra investigación como especialistas de museo), desempeñan una función importante en la programación del trabajo educacional con el público visitante. En su acción educacional, existen responsabilidades diversas, pues desarrollan exhibiciones, escriben programas, y también interactúan con el público. Su interés en este estudio fue investigar sobre el conocimiento que el especialista tenía con respecto a la experiencia adquirida por profesores y alumnos en la actividad de campo de la visita a la exposición de los museo de ciencias. El objetivo fue evaluar las acciones y contribuciones para el aprendizaje del estudiante a partir de la vista de la escuela (una actividad de campo considerada específica) (Tran, 2007).

Según la revisión efectuada por Tran, algunos estudios anteriores sugerían que los profesores, en su acción en sala de aula llevasen los estudiantes para los museos para enseñar el asunto que no puede ser cubierto efectivamente en la sala de aula, o para que complementen y diversifiquen la instrucción que es dada en la escuela, haciendo uso de preguntas de interés para una vivencia en comunidad (Anderson y Zhang, 2003; Kisiel, 2003; Storksdieck, 2006 *apud* Tran, 2007). Otra preocupación asumida en esta investigación era en relación a una preparación previa del alumno en la escuela o si existía, después de la visita, alguna discusión efectuada por el profesor en sala de aula (a pesar de que no se había exigido al profesor que participase activamente de las actividades de la exposición durante la visita). A pesar de eso, los profesores fueron estimulados a que en sala de aula proporcionaran actividades que diesen soporte a la visita, donde fue observado que algunos hacían esa tarea, pero en ese sentido ya existía en la bibliografía algunos estudios que habían observado que muchos profesores no hacían esa actividad previa de apoyo a la visita (Anderson y Zhang, 2003; Griffin y Symington, 1997; Storksdieck, 2001 *apud ibid.*). Según señalan esos autores, esta responsabilidad no podría ser asumida por el especialista del museo. En la bibliografía fue también observado cuanto los profesores aún se muestran como “novatos” a la hora de planificar y administrar las visitas de campo de forma que se puedan integrar a su acción en la escuela (Kisiel, 2003,; Storksdieck, 2001 *apud ibid.*).

Mientras que los especialistas son vistos como “peritos” en relación al potencial educacional de los recursos disponibles en la programación de las exposiciones de los museos, también se ha observado en la literatura que los “*museum educators*” disfrutaban del desafío de ayudar a los estudiantes para que aprendan a través de las exposiciones de los

museos (Schauble *et al.*, 2002 *apud* *ibid.*).

Sobre las investigaciones que se referían al uso de esa actividad de campo como recurso para la sala de aula escolar, lo que existe en la literatura muestra que en la actuación de profesores y estudiantes no se llevaba en cuenta la acción personal del especialista al frente de la exposición del museo (aquel que tiene la responsabilidad de proyectar, organizar e instrumentalizar las experiencias educativas para los visitantes) (Hooper-Greenhill, 1991; Orosz, 1990 *apud* *ibid.*). También existen estudios que pretendían reexaminar la función de los especialistas de los museos en su condición de cómo pasan la información a desavisados y desatentos estudiantes que visitan la exposición (Cox-Peterson, Marsh, Kisiel, y Melber, 2003,; Parks, 1985; Tal, 2006 *apud* *ibid.*).

Existían dos razones para estudiar las prácticas de los especialistas de los museos. El primer motivo se refería al hecho de que la actuación del especialista difiere de la rutina de las lecciones escolares, y que el ambiente de aprendizaje potencializaba en su espacio elementos nuevos a los alumnos que pudiesen atraer su atención y curiosidad (Carson, Shih, y Langer, 2001; Phaf y Wolters, 1993 *apud* *ibid.*). El segundo motivo es inherente al testimonio de los alumnos y profesores en el que afirman que esas visitas de campo provocaba un aumento en el aprendizaje debido a las actividades y discusiones que eran efectuadas antes, durante, y después de las excursiones a los museos (Anderson y Lucas, 1997; Griffin y Symington, 1997,; Kubota y Olstad, 1991,; Olson, Cox-Peterson, y McComas, 2001 *apud* *ibid.*).

El autor también observa en su revisión bibliográfica que no siempre esos especialistas tienen tiempo disponible para actuar directamente en la atención simultánea de tantos visitantes, por lo que tienen que trabajar para formar monitores (mediadores con la función de auxiliar al especialista). También se refiere al hecho de que si esos monitores no estuvieran debidamente preparados para atender a las expectativas e intereses de los visitantes, podría haberse desperdiciado los esfuerzos y recursos desarrollados para el aprendizaje del visitante, perjudicando las pretensiones de la formación desde la perspectiva de los museos (Schauble *et al.*, 2002, pág. 449 *apud* *ibid.*).

Los museos están aprendiendo a constituirse en ambientes pedagógicos al favorecer la libre elección de las personas en lo que les interesa aprender sin exigencias y sin que sean evaluadas, pero los museos son caracterizados como ambientes en los cuales la enseñanza no siempre ocurre de forma directa. Esa enseñanza es conceptualizada en la literatura como

el acto de ayudar a los individuos en aquellas situaciones donde falta el conocimiento de las habilidades para la comprensión o para atender áreas de estudio en la que los alumnos no tienen ningún dominio (Fenstermacher, 1986 *apud ibid.*).

El estudio efectuado por Tran (2007) consiste en cuatro estudios de caso realizados por medio de observaciones participantes (un método semejante al que se utiliza en una aproximación etnográfica). En ese estudio participaron dos museos de ciencias de los Estados Unidos. A partir de los datos levantados, los resultados obtenidos por Tran revelaron que, de forma contraria a lo que es mostrado en la bibliografía referente a la investigación en enseñanza en los museos, la didáctica de la interactividad y el habla del conferencista, mostraron que orientan y motivan al estudiante para que se despierte su creatividad, y se muestra la complejidad, y donde se opera desarrollando habilidades del pensamiento científico a partir de un enfoque pedagógico. Por último, los especialistas de museo en sus acciones de enseñanza buscaron también alcanzar de forma predominante el lado afectivo de los visitantes con la meta de despertar el interés para el aprendizaje de la ciencia. Aunque las lecciones que realizaban fuesen experiencias efímeras, esos pedagogos operaron desde una perspectiva que, a nivel de la escuela considera las pretensiones del museo de ciencia como un desafío, y no solo como una actividad más aislada con una pedagogía propia de presentación de la ciencia diferente de como se procede en la escuela y que hace parte de la agenda escolar en una programación continua de visitas, donde se instituye un proceso de enseñanza que va más allá de lo que se ve en la programación escolar y de las otras actividades desarrolladas por la sociedad.

Un hecho importante observado en ese estudio fue que la propuesta del museo no se alejó de la propuesta pedagógica de la escuela. Así, se verificó que la manera como los museos muestran los fenómenos tenía implicaciones, tanto para la práctica pedagógica empleada por el especialista del museo, como en lo que era ejecutado en la práctica por el profesor en la escuela. La influencia de la pedagogía escolar existía en actividades en las que el museo apenas complementaba con su acción la programación hecha en la sala de aula de la escuela (*ibid.*).

Esos resultados tienen dos implicaciones: la primera es que hay grandes semejanzas entre la ciencia que se enseña en las escuelas y en los museos, debido al empeño de los museos por efectuar ajustes para atender a las necesidades técnicas y pedagógicas de las escuelas con el fin de auxiliar a los profesores en sus salas de aula; la segunda es que también había semejanzas en el discurso y las designaciones de la acción del museo en

favor del contexto escolar. Ese es un hecho que ya había sido mostrado en otros trabajos (Duit *et al.*, 2005; Knierim y Reyer, 2005; Lemke, 1990, *apud ibid.*). La presencia consistente de esas semejanzas levantó el cuestionamiento de hasta qué punto se debe (o se puede) aproximar las prácticas que hacen los profesores en sus salas de aula con la de los “pedagogos del museo”. Los datos de ese estudio sugieren que los modos instructivos y la pedagogía formal aplicada en los dos contextos fueron inadvertida o deliberadamente iguales. Se verificó que se trasplantó el estilo de la programación de sala de aula para la programación de los dos museos acompañados en el estudio. Según Tran, existió la falta de un criterio justo (*bom senso*), propósito profesional e identidad propia en relación con la actuación de los museos que fueron estudiados. Una vez que, según Tran, la práctica teóricamente fundamentada y apropiada de los museos implicó en su potencialidad a “pedir prestado” a la práctica escolar para un buen entendimiento en la integración entre las partes.

La semejanza levantada y criticada por Tran entre estas dos instancias que se unen para una complementariedad de las acciones, con la cual concordamos, no va a ser traída a la realidad de nuestra investigación, pues estamos proponiendo una acción integrada en una propuesta CTS de enseñanza que practicamos y que normalmente la escuela no está acostumbrada a desarrollar. Así, en lugar de ser influenciados en nuestras acciones por la propuesta de la escuela que nos visita, queremos influenciar a la misma a través de la experiencia de una nueva propuesta de enseñanza. Eso no quiere decir que no tengamos que hacer una adaptación en nuestra programación de divulgación para atender a la programación que estamos elaborando para una actuación conjunta con la escuela.

## **2.4- Estudios que demuestran la intencionalidad de los museos y centros de ciencias en promover el aprendizaje significativo.**

### **2.4.1- La preocupación con los significados atribuidos en la visita a la exposición.**

A partir de este subcapítulo, intentaremos relacionar algunos estudios sobre la enseñanza en los museos, con o sin una relación explícita con una acción integrada a la programación escolar, que buscan hacer mención a la utilización de algún aspecto relacionado con la teoría psicológica del aprendizaje significativo ausubeliano.

Iniciaremos con una propuesta de investigación-intervención desarrollada en el planetario del Parque Ibirapuera (en Sao Paulo, Brasil), que se preocupó en fundamentar la

organización del material expuesto con base en el aprendizaje significativo. El objetivo fue el de implementar un espacio de aprendizaje desafiador que promoviese la popularización de los contenidos relacionados con la exposición de objetos pertinentes a la astronomía y áreas afines. Los criterios que se utilizaron en la ocupación, distribución y exploración de los objetos y experimentos expuestos tomaron como base una estrategia de ocupación del espacio fundamentada en elementos pedagógicos a la luz de la teoría del aprendizaje significativo (TAS). Desde el punto de vista pedagógico la distribución de lo que estaba siendo expuesto consideró la estructura de mapas conceptuales que se preocupa con la relación y jerarquización de los conceptos contenidos en el cuerpo del área de conocimiento tratado. Así, a partir de un estudio analítico de la concepción estructural de los conceptos contenidos en el cuerpo de conocimiento, se buscó distribuir los objetos expuestos tratando de estimular el aprendizaje significativo (Elias *et al.*, 2004).

En el enfoque jerárquico del contenido se abandonó la preocupación de cómo los conceptos se relacionaban al enfoque fragmentado utilizado anteriormente. En el proceso de organización espacial de lo que fue expuesto se utilizó una escala jerárquica de conceptos, donde se siguió la estrategia de que los conceptos más inclusivos fuesen colocados en la parte superior. También se consideró la aproximación, la interacción y el involucramiento del público con el acervo en aquello que causa una curiosidad mayor y discusiones dentro del sentido común de los visitantes (*ibid.*). A partir de ese punto, se pensó en dirigir al público inicialmente para las actividades con conocimientos más generales para pasar después hacia los conocimientos más específicos. Así, de inicio fue disponible el acceso a los conceptos e ideas claves para profundizar más tarde en los detalles y especificidades, cuando se tratase sobre la adquisición de los conceptos más específicos. Al mismo tiempo, también se buscó valorizar la aproximación y la interacción del público con este ambiente informal de enseñanza. Los autores de este estudio esperaban que, a partir de la interacción con ese ambiente de exposiciones planeado según la TAS, se pudiera estimular aún más a la búsqueda de informaciones sobre astronomía con la intención de que las personas participaran de forma más inclusiva y realista en el mundo en que viven (*ibid.*). Sin embargo, no fue evaluado en este estudio los cambios que esta nueva estructura pudiera causar en el aprovechamiento de la exposición por parte del visitante. Esa investigación-intervención tuvo solo la finalidad de darle una mejor distribución al ambiente de aprendizaje para hacerlo más motivador, desafiador e inducir la popularización de la astronomía, pero no se preocupó en investigar los efectos de la utilización de esta nueva estrategia de presentación y abordaje de la exposición entre los visitantes (como la que

realizamos en la investigación de esta tesis).

Un estudio con reflexiones sobre la ocurrencia de aprendizaje en los museos nos llamó atención en la literatura revisada donde buscamos relacionar el aprendizaje significativo con la posibilidad de ocurrencia de aprendizaje súbito (*insights*), que es una preocupación que estuvo subyacente en las averiguaciones de las investigaciones que efectuamos en nuestra tesis. Según Cooper y Miles (1992), el aprendizaje significativo que se encuentra asociado en la literatura al acto de aprender a comprender, puede también ser considerado un aprendizaje que puede ser acompañado por algunos aprendizajes súbitos (*insights*). Momentos de lucidez que ocurren cuando las personas descubren de forma súbita las maneras por las cuales los principios y hechos se encuentran relacionados. Esos autores afirman que la rutina de la programación de los museos es diferente de la rutina de aprendizaje por retención que es practicada en el contexto escolar. La visita al museo puede ofrecer la posibilidad de promover saltos dicotómicos en relación al contenido expuesto (Cooper y Miles, 1992).

También encontramos otro estudio que explora las potencialidades de un museo para proporcionar *insights* e informaciones sobre la audiencia, opiniones, experiencias adquiridas y entendimiento del que fue observado, pero sin efectuar una relación explícita del *insight* con el aprendizaje significativo (Macdonald, 2005). Para hacer eso, el estudio centra su análisis fundamental en un libro de anotaciones que algunos museos disponen para que los visitantes dejen registrada su participación. El objetivo de ese artículo fue el de explorar las posibles ventajas y desventajas del uso del libro de visitas como una fuente de información sobre las opiniones, experiencias adquiridas y entendimientos sobre la exposición por parte de los visitantes. El artículo desarrolla una orientación de cómo usar ese tipo de libro como una fuente de informaciones destacando algunas preguntas que deben ser realizadas a lo que se encuentra registrado: sobre cómo era organizada la exposición, sobre las concepciones del visitante de lo que era visitado, sobre la naturaleza y el papel de la visita (si era organizada por el profesor, por la escuela, o efectuada de forma independiente entre amigos o familiares), entre otras preguntas. El tema utilizado fue sobre el consumo, envolviendo el área de estudios sociales y culturales (*ibid.*).

Volviendo al estudio efectuado por Cooper y Miles (1992), esos autores buscan argumentar contra las críticas que afirman que en las visitas a los museos se aprenden poco o nada en las exposiciones. Para eso se valen del argumento de que las técnicas de evaluación empleadas para conocer el aprendizaje en los museos, normalmente lo que hacen

es obtener datos de naturaleza general, pero no consiguen buscar lo que realmente se esconde en las sutilezas del aprendizaje desarrollado en esos espacios. También afirman que el aprendizaje a partir de la exposición, en cualquier caso, debe ser visto bajo una óptica diferente de la que es encontrada en la formación escolar, pues se trata de una educación preocupada no solo con el aprendizaje, como también con la afectividad que puede surgir en las experiencias sociales adquiridas a partir de la interacción entre los participantes. Así, en lugar de ser un acto de pura cognición en la comprensión de la ciencia como ocurre la mayoría de las veces en la escuela, la educación de los museos divulga las ciencias con preocupaciones de desarrollar otros valores en la sociedad (Cooper y Miles, 1992).

En un artículo de revisión de McClafferty *et al.* (1993), al que ya hicimos referencia en el subcapítulo anterior, estaba explícito que existía la preocupación con un aprendizaje que produjera significados. Ese estudio revisó una serie de trabajos con la intención de analizar el efecto obtenido en la visita a los centros y museos de ciencia, donde los alumnos visitantes realizan anotaciones en hojas de papel durante el transcurso de los experimentos exhibidos con los cuales interactuaban. En ese estudio se evaluó la existencia de aprendizaje en investigaciones que se dedicaron a explorar aspectos del dominio cognitivo, afectivo y psicomotor. Con el análisis efectuado en esos estudios se llegó a concluir que los profesores de la escuela que coordinaban esas visitas tenían finalidades educacionales con los recursos buscados en la visita a la exposición que serían discutidos y evaluados en la escuela. En otras conclusiones obtenidas se pudo constatar que aunque había desajustes, entre lo que era mostrado en la exposición y la programación escolar, la visita en sí, asociada al procedimiento de anotaciones, favorecía tanto el cambio de actitudes en la manera de ver la ciencia, como la ampliación de conocimientos en relación a los aspectos que podían ser incorporados (McClafferty *et al.*, 1993).

Otro estudio, en la misma línea, utilizó algunos aspectos de la teoría de Ausubel y examinó la eficacia de la estrategia de registro de informaciones mediante la utilización de planillas (en papel o en computador portátil). La intención de ese estudio era la de desarrollar un aprendizaje en la visita a un museo de historia natural que trajera significados sobre el contenido de la biodiversidad (Krombab *et al.*, 2008). El estudio relata que los alumnos están acostumbrados a usar hojas de papel para realizar anotaciones durante las clases, aunque no se sepa a través de estudios empíricos la eficacia de ese procedimiento para la adquisición de conocimientos. Ese estudio contó con la participación de 148 estudiantes de gramática con edades de once a quince años, que respondieron al

cuestionario aplicado sobre biodiversidad, antes de la visita al museo y después de ella. El objetivo fue el de verificar el efecto sobre el aprendizaje de la utilización de las planillas de anotaciones (*ibid.*).

Los resultados de los cuestionarios aplicados indicaron un alto desempeño de los alumnos con relación al hecho de que habían utilizado planillas para registrar lo que fue mostrado en el museo. Ese desempeño, según el estudio, se encontraba asociado a la existencia de conocimiento previo demostrado por el alumno para procesar la nueva información propiciada por la visita. El estudio concluyó que el uso de las planillas puede ser utilizado como una forma eficaz de registro para la adquisición de conocimientos básicos en actividades pasajeras sobre un tema desarrollado fuera de la escuela, en el que exista poco tiempo de contacto con lo que se acompaña para estudio, como es el caso de la visita al museo (*ibid.*).

Estudios más recientes de revisión de la bibliografía muestran que el papel de los museos de ciencia en la instrucción de la ciencia está cambiando, pues esas instituciones han buscado aproximarse a las escuelas y a la enseñanza formal de un modo general. Esa iniciativa busca contribuir y destacar cada vez más la importancia de la instrucción científica. El artículo hace referencia a estudios recientes que muestran que los museos proporcionan oportunidades de ajustes en la estimulación del interés por las ciencias, pudiendo realzar el aprendizaje significativo de conceptos en sala de aula (Ramey-Gasert *et al.*, 2006). Una conciencia de ello es el aumento de la participación activa de los estudiantes, lo que justifica la necesidad de que el proceso de aprendizaje escolar sea desarrollado a partir de una interacción directa con los objetos reales mostrados en los museos. Los resultados de esa interacción indican que los dos sectores de aprendizaje ganan una importancia aún mayor, cuando buscan asociarse para ayudar en la comprensión de los conceptos científicos más complejos (*ibid.*).

Ese artículo también se refiere a que, en esa interacción existen necesidades de ajustes que deben ser efectuados. En una parte de la literatura existente sobre el aprendizaje abunda el lado anecdótico en el tratamiento de los fenómenos donde se busca formalizar con base en sus interrogantes una competencia entre los participantes por sabiduría. Esto indica la necesidad de realizar un esfuerzo aún mayor en los estudios para facilitar los ajustes que todavía deben ser realizados en esa relación con la escuela para que exista una instrucción científica más harmónica en esas dos realidades diferentes de enseñanza (*ibid.*).

#### **2.4.2 Una preocupación con el aprendizaje del contenido de enseñanza de la exposición con el uso de organizadores previos.**

En la bibliografía que se vale de la teoría ausubeliana sobre la utilización de organizadores previos en una acción integrada con la escuela existen algunos trabajos que vamos ahora a comentar.

El primer estudio que iremos a tratar donde se utilizan esos organizadores tuvo como finalidad examinar las relaciones entre (a) la novedad y el comportamiento exploratorio, (b) la novedad y el aprendizaje cognitivista, y (c) el comportamiento exploratorio y el aprendizaje cognitivista en los museos de ciencia (Kubota *et al.*, 2006). Dos grupos de estudiantes de la sexta serie de la escuela pública participaron en ese estudio: con un grupo utilizado para control que recibió un tratamiento informativo proyectado solo para disminuir el efecto de la novedad (este grupo fue sometido solo a un pos-test, después de la visita), mientras que el otro grupo experimental fue también sometido a ese tratamiento informativo, pero era un tratamiento a partir de organizadores previos (habiéndose sometido al mismo pos-test). Ambos grupos visitaron la exposición mientras eran grabados para un análisis cualitativo de los datos. El objetivo de ese estudio fue el de averiguar si el uso de los organizadores en el grupo experimental disminuyó el impacto de la exposición como novedad en relación al grupo de control y si esos organizadores consiguieron provocar un mejor ajuste en la comprensión del contenido tratado en la exposición. El análisis estadístico cuantitativo de la prueba aplicada llevó en cuenta como variables dependientes, el estatus socioeconómico y el éxito escolar, mientras que la preparación para reducción de la novedad aparece como la variable independiente, y el género aparece como una variable que debe ser acompañada de cerca. En el análisis de los resultados, el comportamiento exploratorio mostró que estaba correlacionado de forma positiva con el aprendizaje por la cognición. Una diferencia significativa en favor del grupo experimental fue mostrada para el comportamiento exploratorio. Para ambas variables dependientes consideradas, en el aspecto interacción, el grupo experimental, que tuvo un tratamiento diferenciado en la preparación, mostró un mejor desempeño en la reducción del efecto de la exposición como novedad. Ese hecho mostró ser altamente más eficaz en niños que en las niñas, donde no mostró ningún efecto apreciable (*ibid.*).

Otro estudio que trata sobre la utilización de organizadores, hace referencia a una

experiencia ocurrida con las excursiones de alumnos programada y conducida por los docentes de la escuela en una visita realizada al *Natural History Museum of Los Angeles County* (Cox-Petersen *et al.*, 2003). Los investigadores utilizaron una técnica de aproximación, para describir la manera como el contenido de Historia Natural era pasado a los estudiantes y evaluar la contribución que esta forma de visita, podría proporcionar a los participantes. Al mismo tiempo también investigaron cómo el contenido y la pedagogía utilizada en la excursión era conducida y orientada por el profesor de la escuela para complementar lo que se encontraba documentado en las recomendaciones de los patrones actuales de la ciencia formal que se aproximan al contenido constante en la enseñanza informal del museo. Aproximadamente 30 grupos de estudiantes del segundo y octavo grado fueron observados. Participaron en ese acompañamiento 30 profesores y 85 estudiantes fueron entrevistados.

Los investigadores observaron que las excursiones estuvieron organizadas por una trayectoria didáctica que entraba en conflicto con lo que se encuentra estipulado en la reforma de la educación en ciencias para la enseñanza escolar de California, cuyo enfoque, de cierta forma, se relaciona a la enseñanza practicada dentro de los contextos informales propios del museo. Las respuestas de los estudiantes en la entrevista indicaban que existía una elevada satisfacción con la participación en la visita a la exposición, pero se observaron bajos niveles de aprendizaje en ciencia, tal como se pudo verificar en la evaluación del aprovechamiento del contenido explorado en esa excursión, lo cual fue ocasionado por la perspectiva tradicionalista colocada por el profesor en el contenido de los organizadores previos durante la preparación de los estudiantes para la visita (*ibid.*).

En otro estudio, también con organizadores previos, es indicada la misma problemática del estudio anterior, pues el profesor de la escuela valoriza la visita al museo considerándolo como una parte importante para la enseñanza de la ciencia en la escuela elemental, pero quiere mantener las prácticas tradicionales a las cuales está acostumbrado. Eso mantiene el conflicto de intereses, pues no se buscan otras formas de estructurar la programación en la escuela en función de la visita. En ese contexto, mientras los profesores comparten una responsabilidad curricular dentro de la programación sistemática de la escuela, los museos enfatizan la elección libre en la exploración de los contenidos. Debido a esa dificultad fue propuesto en el estudio un entendimiento con el profesor que realiza la visita al museo, asumiendo que con el debido cuidado se podría desarrollar en la programación de la exposición puntos de contacto con los intereses existentes en la

programación curricular de la escuela (Mortensen *et al.*, 2007). Para efectuar esa conciliación de intereses en este estudio se recurrió a la utilización de organizadores previos. La estrategia de acción fue que, como la escuela trabaja de forma predominante en una secuencia de temas definidos y explota la visita a través de hojas de anotaciones para atender a los intereses específicos de su programación (a que ya nos referimos en otros estudios), se podría incorporar en esa hoja de anotaciones la perspectiva de la elección libre de lo que se encontraba expuesto, intentando que durante la visita ocurran las relaciones necesarias con los temas curriculares (*ibid.*).

Una estructura teórica fue desarrollada por Mortensen *et al.* (2007), para que durante la visita fuese usada la hoja de anotaciones relacionada a los temas escolares, donde se podría proceder a la libre elección entre lo que se encontraba en el acervo de la exposición. Hubo un acompañamiento cualitativo efectuado por medio del registro de las conversaciones relacionadas con el currículo que realizaban los grupos de discusión de los alumnos durante la visita. Había los grupos experimentales que utilizaban la hoja de anotaciones elaborada y los grupos de control que visitaron la exposición en otro momento y que no utilizaban esa hoja de anotaciones. Se comprobó, mediante el cálculo total del acompañamiento efectuado en las visitas, que el grupo que realizaba anotaciones sintéticas con libre elección del contenido de la exposición, conseguían establecer relaciones con lo que constaba en la programación escolar. También se observó que las anotaciones en esa hoja contribuían para el aumento de las conversaciones de los grupos relacionadas al contenido del currículo escolar, tanto en cantidad como en la diversidad de asuntos abordados. A través de ese estudio se pudo observar también que con el uso de las hojas de anotaciones organizadas con el debido cuidado, se consigue aumentar la participación de los estudiantes en la búsqueda de informaciones de interés curricular en una forma conciliada con la organización de la propuesta de visita a la exposición. Esa constatación ayudó a que se pudiera desarrollar una relación mayor entre las necesidades del profesor y la identidad que el visitante encuentra en el hecho de que puede elegir libremente con qué quiere interactuar, de acuerdo con lo que es mostrado en el museo (Mortensen *et al.*, 2007).

En otro trabajo donde se analiza la utilización de los organizadores previos para interactuar con la exposición de los museos, se afirma que en la última década se produjeron grandes progresos en nuestra comprensión sobre cómo los museos influyen en la vida de las personas. A pesar de ese progreso, Rennie *et al.* (2004), comenta que aún existe en ese área una gran cantidad de retos para las investigaciones que, a veces, se muestran

bastante asustadores. En ese artículo de revisión los autores sugieren que todos los procesos de aprendizaje deben presentar tres características: la de tener un carácter personal, la de ser contextualizado, y la de llevar en consideración que la retención es un proceso que lleva tiempo (Rennie *et al.*, 2004). Estas características son señaladas como fundamentales para que las investigaciones puedan avanzar en la comprensión del impacto que los museos pueden provocar en la vida de las personas. El estudio también afirma que esas características, a pesar de que se conocen hace mucho tiempo, todavía no han ganado la suficiente importancia. Por ejemplo, cuando se quiera justificar la existencia de algún tipo de aprendizaje se deberá reconocer la importancia del factor tiempo (*ibid.*).

## **2.5- El papel de la formación continuada de los profesores sobre el contenido de la exposición.**

En la búsqueda de perspectivas para una acción integrada entre el museo y la sala de aula de la escuela, vamos a tratar ahora sobre algunos estudios que fueron desarrollados con el objetivo de investigar las acciones de formación continuada de profesores para que conocieran cómo se puede trabajar con las propuestas y con el contenido de enseñanza existente en los centros y museo de ciencias actuales. Vale resaltar que en el campo de la formación de profesores en general, hay una vasta literatura que nos permite identificar modelos de formación ya bastante consolidados y practicados a lo largo de algunas décadas, pero la bibliografía producida en el área de formación de profesores en los espacios de educación de los museos, especialmente en Brasil, aún es muy escasa, como veremos a continuación.

Iniciaremos por una investigación que buscó estudiar la formación de profesores de la enseñanza formal para su actuación en la educación no formal que fue realizada mediante un curso de extensión universitaria de 40 horas. En ese estudio se reflexiona sobre los límites y posibilidades de un individuo que tuvo una formación tradicional para actuar de forma conjunta con la educación no formal de los museos (Guimarães *et al.*, 2006). Según ese trabajo, es necesario que se tenga una noción de que los dos espacios educativos poseen diferentes funciones sociales y particularidades educacionales. Esa observación es importante para que no se someta la educación no formal a las directrices estrictamente escolares y viceversa.

No se debe exigir que las actividades desarrolladas en el museo tengan las mismas características que tiene el aprendizaje formal, pues serían comprometidos los mensajes proporcionados en el museo que presentan aspectos motivacionales intrínsecos que podrían favorecer la construcción de un aprendizaje significativo desde el punto de vista ausubeliano, lo que puede ocurrir cuando, delante de un experimento expuesto, se consigue establecer una relación entre una idea ya incorporada y la nueva información lo cual trae motivación para la comprensión (*ibid.*).

Ese estudio fue hecho con la idea de analizar si los profesores conseguirían efectuar en el futuro en la escuela una mediación como agente de la propuesta de los museos. Para ello, se evaluó la contribución que la educación no formal podría promover en la enseñanza formal para la construcción de la sustentabilidad socio-ambiental. También se observó la importancia que era dada al papel de la popularización de la ciencia cuando se aborda la complejidad de las cuestiones socio-ambientales. El objetivo fue evaluar si los conceptos inherentes al contenido teórico que fundamentaban ese curso conseguían mantener una relación con lo que se encontraba establecido en la práctica pedagógica en la formación del curso de licenciatura. Para ese fin fueron observadas las concepciones previas que iban siendo diagnosticadas durante el desarrollo del curso. El análisis efectuado mediante la observación participante durante el curso, permitió dimensionar los límites y posibilidades en el intento de integrar las dos instancias de enseñanza. A partir del análisis efectuado en un primer momento se intentaron señalar algunos indicativos que merecen ser tratados con mayor profundidad en la nueva propuesta de curso. Son esos indicativos los que fueron remitidos a las reflexiones efectuadas en ese artículo (*ibid.*).

A pesar de la evaluación positiva sobre los resultados del curso manifestada por los alumnos, Guimarães *et al.* (2006), señala que en esos mismos relatos de los alumnos hay indicios de que el conocimiento, como resultado de ese proceso formativo, aún se encuentra fragmentado y es portador de una visión simplificada del proceso y de las posibilidades educativas con que se trabaja en los espacios no formales de educación. Somos de la opinión que tal hecho se debe a la concepción tradicional que se trae sobre lo que es la formación académica, que es lo que se reprodujo en ese curso, lo cual se constituye en una estructuración modular basada en la docencia de profesionales relacionados con diferentes sectores de la enseñanza superior formal cuya característica es que presentan un bajo nivel de articulación institucional, pues existe una fragmentación de la enseñanza debido al paradigma disyuntivo de la sociedad moderna, que se caracteriza por el cientificismo

cartesiano, o sea, produce conocimientos sobre la realidad a partir de la fragmentación del saber.

Ese enfoque con tendencias a la profundización y especialización, en su extremo se desconecta y descontextualiza de una comprensión más totalizadora y compleja de lo que es real. Como el museo trabaja en las cuestiones contextuales, donde es necesario cruzarse con diferentes visiones de mundo, se constató que el establecimiento de relaciones simplistas y lineales con la problemática socio-ambiental y la propuesta de prácticas poco innovadoras se caracteriza como indicios de baja asociación entre reflexión y acción, teoría y práctica, en una perspectiva poco crítica, y no referenciada para atender a un pensamiento complejo con significados más abarcadores que el que puede ser efectuado por los participantes (*ibid.*).

Otro estudio se refiere a una experiencia de un curso realizado en el *National Museum of Natural Science* (NMNS) de Taiwán, China, donde participaron profesores de ciencias de la escuela secundaria en una actividad en la que se tenía en cuenta el aprendizaje significativo (Chin, 2004). El artículo sugiere, tomando por base el aprendizaje con significados, que la exposición del museo puede proporcionar a los estudiantes un dispositivo automático de entrada por el hecho del contacto directo con la experiencia la cual proporciona medios para que la ciencia se haga más comprensible. Eso, según el autor, puede generar en nuestra cognición oportunidades concretas de aprendizaje. La propuesta de ese curso era la de realzar la manera con que estos profesionales enseñaban ciencia utilizando lo que se encontraba propuesto en la exposición del museo. Veintiún profesores de ciencias en servicio aceptaron participar del curso. La programación del curso cubrió cuatro aspectos de las actividades desarrolladas en el museo: la visita a la exposición, la discusión con los educadores del museo sobre la propuesta que era mostrada en la exposición, la propuesta de enseñanza practicada en el museo, y un plan de clases para la escuela (*ibid.*).

Para ello, el autor utilizó en el curso, estrategias apropiadas de enseñanza con relación a la manera con que los mensajes deberían ser pasados al público. El estudio utilizó el análisis cualitativo de los datos levantados que incluían notas, informes, diarios, y entrevistas en campo. Los resultados mostraron que durante el curso los recursos del museo, en conexión y en el contexto que es practicado en la escuela, creó una situación nueva para los profesores sobre cómo enseñar ciencia. El contacto propiciado por el curso con lo que se encontraba expuesto en la comprensión y familiarización de la propuesta mejoró el

conocimiento de todos los profesores participantes sobre los recursos disponibles en el museo. Al desarrollar la tarea del plan de clase, los participantes adquirieron un conocimiento más detallado sobre las conexiones entre los recursos del museo y la ciencia de la escuela, de forma que las discusiones con los educadores del museo provocaron innovaciones en la instrucción que trajeron avances para la instrucción tradicional practicada por el profesor en la escuela (*ibid.*).

Según Chin (2004), los resultados también mostraron que el aprovechamiento del contexto en el que se encuentra en el museo tiene efectos favorables para enseñar en la escuela, pero también tiene sus limitaciones, pues los participantes consiguieron percibir los ajustes que serían necesarios cuando distinguían las diferentes características que tiene la enseñanza en el museo y en sala de aula. Otro tipo de conciencia adquirida por los participantes fue la de que la enseñanza de ciencia tradicional se organizaba con base en los conceptos presentes en el libro de texto utilizado, mientras que en el museo había que obtener recursos bibliográficos, que no estaban en el libro de texto.

El tener que ajustar la programación de enseñanza para atender a los diferentes contextos educacionales permitió que los profesores utilizaran nuevas maneras de organizar la enseñanza de ciencia. Las actividades de enseñanza con las situaciones colocadas en práctica, mejoraron la comprensión de los significados del conocimiento y mostró a los profesores modos eficaces de uso de los recursos del museo en sus prácticas profesionales. El curso proporcionó una manera alternativa de ver cómo las actividades científicas son planeadas y pueden ser ajustadas con el fin de despertar el interés de los estudiantes (*ibid.*).

Vamos ahora a hablar de un estudio que, entre otros objetivos, buscó caracterizar los modelos de formación adoptados por algunos núcleos de divulgación científica que trabajan con la formación de profesores en Brasil. En ese sentido fueron investigadas acciones realizadas en doce núcleos de divulgación científica para un total de catorce programas analizados. Los datos fueron colectados por medio de observaciones *in situ*, el rescate de los documentos producidos y las actividades desarrolladas, con enfoque en los programas de formación continuada de profesores. Fueron también efectuadas entrevistas con los respectivos equipos técnicos de los museos responsables por esa formación (Jacobucci, 2006; Jacobucci *et al.*, 2009).

Según ese estudio, las políticas para la formación del profesor de la escuela en relación con el contenido de los museos, ha sufrido influencia directa de las diversas

concepciones teórico-metodológicas oriundas de las discusiones y prácticas académicas y sindicales ocurridas a lo largo de la historia de la educación, lo que se refleja en la elaboración de las propuestas que integran los diferentes modelos de formación escolar y tiene consecuencias directas en la acción de formación de los profesores en los museos. Así, en los diversos períodos de la historia de la educación escolar brasileña y mediante la opinión de varios autores (Candau, 1982; Damis, 2003; Pereira, 2000, Palma Filho y Alves, 2003 *apud* Jacobucci *et al.*, 2009), fue posible detectar tres grandes concepciones de formación de profesores.

Con referencia a esas concepciones, Jacobucci *et al.* (2006 y 2009), efectuaron una clasificación donde se proponen tres modelos de lo que ha ocurrido en la formación de los profesores en relación a las actividades de los museos: una, es la concepción positivista de enseñanza, que incorpora el paradigma de la racionalidad técnica que envuelve la transmisión-recepción de contenidos, sin discusión crítica y dialogada sobre los asuntos abordados (denominada de clásico); la concepción siguiente es la interpretativa, que toma como referencia la epistemología de la práctica, que enfatiza la utilización de una metodología de enseñanza rígida con gran énfasis a los instrumentos y recursos didácticos para que la enseñanza sea eficaz (denominado de práctico-reflexivo); y por último, la concepción crítica dialéctica, que toma como base la perspectiva socio-histórica (denominada de emancipadora-política). Con base en esas tres categorías formadoras fueron contextualizadas las diversas opciones de modelos formativos realizados por iniciativas de los museos en Brasil (Jacobucci, 2006; Jacobucci *et al.*, 2009). Esas categorías de formación normalmente sufren la influencia intrínseca, tanto de las concepciones de enseñanza que los formadores de profesores traen, como de las que los propios profesores poseen. El modelo clásico, por ejemplo, que enfatiza inapropiadamente la utilización del término “reciclaje de profesores”, se encuentra presente en la formación de profesores brasileños desde los años 60 del siglo pasado hasta los días actuales (Jacobucci *et al.*, 2009).

En oposición al modelo clásico, las propuestas de formación de profesores en la actualidad deben partir de presupuestos en que los docentes elaboran nuevos conocimientos a través de las experiencias que van siendo adquiridas (una autoformación en la práctica), que se constituye en un modelo práctico-reflexivo, pues el profesor genera conocimientos a partir de la reflexión sobre las experiencias y vivencias ocurridas en la escuela durante el quehacer del proceso educativo (Lelis, 2001; Nunes, 2001; Santos, 2002; Mendes, 2003 *apud* Jacobucci, 2006 y Jacobucci *et al.*, 2009). Ese modelo práctico-reflexivo debe ser

visto como una concepción de enseñanza investigativa y constructivista donde el conocimiento debe ser considerado como una construcción continua, que puede ser adquirida por medio de la investigación y de la solución de problemas (Shavelson y Stern, 1981; Mizukami, 1986; Moraes y Lima, 2004 *apud* Jacobucci, 2006 y Jacobicci *et al.*, 2009). En el modelo emancipatorio-político, diversos autores (Mazzeu,1998; Rosemberg, 2000; Pimenta, 2002; Galiazzi y Moraes, 2002; Gatti,2003, *apud* Jacobicci *et al.*, 2009), consideran la necesidad de proporcionarle al profesor las teorías de la educación durante los cursos de preparación, de forma que puedan tener otras visiones en su trabajo académico que permitan una reelaboración social y política de su práctica profesional (Jacobucci, 2006; Jacobucci *et al.*, 2009). Los resultados de ese estudio mostró que la formación ocurrida en los núcleos considerados se presentó de la siguiente forma: seis de ellos fueron clasificados según el modelo clásico; otros seis se encuadraron en el modelo práctico-reflexivo, mientras que solo dos de ellos fueron situados en el modelo emancipador-político. El resultado obtenido muestra una evolución aún parcial, en relación a lo que era practicado en las décadas del 60 y 70, cuando la gran mayoría de esos programas de formación era efectuada a través del modelo clásico (*ibid.*).

A pesar de que las personas que actúan en las exposiciones de los museos saben que los profesores que trabajan en la enseñanza básica escolar recurren a los conocimientos divulgados en los centros y museo de ciencias, no se ha hecho todavía un levantamiento que dé una idea del número de profesionales que visitan esos espacios, ya sea con grupos de alumnos o de forma independiente. Tampoco se tiene idea de cómo estas visitas contribuyen para su acción en la escuela y para su formación profesional. La literatura en el área de formación de profesores en espacios no formales de educación aún es muy escasa en Brasil, con relatos aislados de las actividades en un u otro centro o museo (Jacobucci *et al.*, 2009). En la propia concepción de enseñanza en relación a las estrategias para la estructuración de lo que se encuentra expuesto y en la propuesta del mensaje que debe ser pasado, hay muy pocas referencias en relación a los efectos sobre el aprendizaje colocado en la práctica y que están basado en el aprendizaje significativo (Gouvea *et al.*, 2001;Elias *et al.*, 2004; Guimarães *et al.*, 2006).

## **2.6 - Estudios actuales sobre la necesidad de la actividad experimental en la enseñanza.**

Los experimentos en las exposiciones de los museos pueden ser programados junto a la actividad escolar de sala de aula para que reformulen o complementen lo que haga falta en relación a la solución de los problemas contextuales. Eso puede facilitar la enseñanza de

la Física o las ciencias en las escuelas que decidan actuar desde esa nueva perspectiva curricular.

Como la solución de problemas mediante lápiz y papel es muy común en el trabajo de los profesores en sala de aula, podemos utilizar ese mismo procedimiento para resolver problemas a partir de los fenómenos experimentados en el museo. Esa forma de interacción escuela-museo puede llevar a que la escuela desarrolle un trabajo desde la perspectiva de la alfabetización científica, lo que entra en consonancia con una de las funciones principales de la actividad de los museos. Para ello, iniciaremos una revisión de algunos resultados obtenidos desde la perspectiva vergnaudniana en la organización de la actividad experimental para el dominio conceptual.

El auxiliar didáctico de desarrollo conceptual a través del trabajo experimental (ADDCTE), introducido por Lopes (2002) que está basado en los campos conceptuales de Vergnaud (a los cuales haremos referencia en el capítulo 3), se mostró eficiente para orientar la ejecución de los experimentos, pues en la medida en que se desarrollan los experimentos se ofrecen explicaciones didácticas y científicas (sobre aspectos conceptuales y empíricos de un campo conceptual en el ámbito de la Física). Los profesores pudieron tomar consciencia de la necesidad de articulación que necesitaban hacer para ejecutar los procedimientos con vistas a establecer las asociaciones entre los aspectos teóricos y experimentales, lo cual no es un procedimiento común, ya que generalmente la fundamentación teórica y la parte práctico de laboratorio son realizados de forma separada. Esa procedimiento fue más eficaz para el aprendizaje de conceptos en una determinada área de estudio por parte de los estudiantes (Lopes, 2002).

Sobre la opinión de los profesores que utilizaron esa técnica introducida por Lopes, quedó claro que los auxiliares didácticos permiten orientar de forma más adecuada el trabajo experimental; permiten una visión global sobre la relación de los conceptos utilizados durante la realización de las diferentes tareas; establecen una relación estrecha entre el modelo conceptual y las competencias que deben desarrollar los alumnos durante la ejecución de las tareas; permiten al profesor ayudar a los alumnos de forma más articulada con los contenidos, conceptos y objetivos, entre otros aspectos que promueven una mejor articulación entre la teoría científica y el desarrollo de los experimentos (*ibid.*).

A pesar de que ese auxiliar ha sido desarrollado para la actividad experimental del laboratorio de enseñanza convencional para una propuesta dentro de la enseñanza

tradicional escolar, pensamos que pueda ser útil para la estrategia didáctica que iremos a utilizar en este estudio. La fundamentación teórica sobre la energía que va a ser explorada necesita que estén bien definidos los conceptos y proposiciones (leyes, definiciones, relaciones) que van ser trabajados en los experimentos de la exposición y después en la escuela. A través de esa estrategia didáctica pretendemos proporcionar a los alumnos una visión integrada de la relación, de jerarquía y operación con los conceptos más relevantes del campo de estudio que hemos seleccionado, que es el de la energía. De esa forma, buscamos mecanismos para que los alumnos puedan darle significados a los problemas que serán generados a partir de los experimentos.

Las disciplinas de áreas científicas como Física y Química con frecuencia son mostradas en la bibliografía por medio de una visión elitista que considera los contenidos como muy difíciles de ser estudiados (Orozco y Fernández, 1995; Gil, 1996; Matson y Parsons, 1998; McComas y Olson, 1998; Esteban, 2003), es por eso que el aprendizaje de esas disciplinas se convierte en algo poco atractivo, principalmente, cuando son vistas fuera de la realidad. Este hecho ha llevado la mayoría de las veces a que el aprendizaje de esas disciplinas ocurra de forma receptiva, solo por memorización, sin que exista asimilación de ideas. La deformación de la enseñanza de ciencias se extiende aún más por la concepción empírico-inductivista y ateórica con la que se efectúa la educación en ciencias en las escuelas (Hodson, 1993; Solomon, 1991; Paixão y Cachapuz, 1998). Según Esteban (2003), este hecho en sí, ya justificaría una búsqueda de nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje para los contenidos de ciencias.

A partir de esas dificultades, en la década de los años 90 fue investigado un tipo de enseñanza dirigida a la actividad experimental y que tuvo mucha influencia y repercusión en los países anglosajones. En esos países se pretendió efectuar conexiones entre la teoría y la práctica a partir del carácter atribuido a esas disciplinas de “ciencias “experimentales” (Tamir, 1990; Kirschner, 1992; Jong, 1998 *apud* Esteban, 2003), pero desde una visión más actualizada de la necesidad de práctica experimental, según afirma ese autor, al integrarse esas dos vertientes, – la teoría y la práctica–, los alumnos podrían percibir que los contenidos científicos no son ni tan teóricos ni tan experimentales, pues se trata de un todo que necesita mantener una relación dialéctica entre sí (Esteban, 2003).

Ante las dificultades mostradas por los alumnos, para el aprendizaje de la Física y la química, se propuso una reorientación metodológica con el enfoque en la necesidad de realizar experimentos en la enseñanza de ciencias. Un experimento debe ser tratado a través

de un enfoque pedagógico y epistemológico, con el propósito de revertir esa situación (Rezende *et al.*, 2001; Praia *et al.*, 2002; Gonçalves *et al.*, 2006), pero hay una gran dificultad para alcanzar ese objetivo, pues el trabajo práctico experimental realizado en la mayoría de las escuelas ocurre por una concepción de enseñanza-aprendizaje pobre, confusa y poco productiva, por falta de una mejor relación entre teoría científica y experimento (Hodson, 1990). Muchas veces, el enfoque principal de las actividades de laboratorio es limitado el aprendizaje de un método científico específico o usa solo una técnica de laboratorio específica (Hodson, 1993), pero en vez de eso, los alumnos en el laboratorio deberían utilizar los métodos y procedimientos de la ciencia para investigar fenómenos, resolver problemas y buscar instrucciones de sus intereses (*ibid.*). En ese sentido, la orientación para el trabajo experimental debería ser redefinida, para tener como objetivos centrales: el aprendizaje de las ciencias con la finalidad no solo de adquisición, como también de desarrollo de conocimiento; la finalidad de saber sobre la naturaleza y sobre el método de las ciencias frente a las relaciones complejas presentes en la vida actual que asocian ciencia tecnología y sociedad; y también llevan en cuenta lo que es considerado en la actualidad como práctica de la ciencia, o sea, el utilizar una metodología de enseñanza teórica y experimental que coloque a los aprendices como elementos activos tanto en la investigación científica como en la resolución de problemas (Hodson, 1992, 1993, y 1994).

En busca de ese entrelazamiento entre teoría y experimento, por medio de la exposición interactiva con experimentos es que trataremos de averiguar la eficacia de una enseñanza que busca proporcionar una mejor formación en algunos aspectos de la tecnología (de Física aplicada a nuestro contexto de vida).

Más recientemente, en un artículo de revisión (Carrascosa *et al.*, 2006), la actividad experimental como investigación orientada en la educación científica se coloca como uno de los aspectos claves en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La investigación en esa línea es una de las más importantes para las didácticas de las ciencias sin embargo, es importante que esas potencialidades del laboratorio se encuentren dentro de un contexto investigativo más general en el que se asocie una concepción de enseñanza que envuelva la razón-experimentación en situaciones problemáticas que eviten las orientaciones algorítmicas y empíricas (*ibid.*). Los procedimientos experimentales son dependientes de un cuerpo de conocimientos, donde su comprensión concreta exige la necesidad de que se resuelvan problemas prácticos que tienen una cierta complejidad pues tienen las características del trabajo tecnológico. El fenómeno experimental observado durante la realización del

experimento, se encuentra cargado de una competente razón práctica previa sobre cómo utilizar conocimientos y procedimientos para su comprensión (Hacking, 1983; Bunge, 1978 *apud* Fernández *et al.*, 2003). La importancia que se le da en la bibliografía para la adhesión a esta nueva concepción se confronta con la concepción empírica-inductiva y atórica del experimento para descubrimiento, y también, se contrapone a una enseñanza puramente libresca, sin ninguna actividad experimental. Una actividad experimental reflexiva que vaya más allá de un libro de recetas de cocina. La experimentación se debe mostrar a los profesores y estudiantes como un atractivo de una “revolución pendiente”, tal como se percibe en los testimonios reunidos de los profesores en actividad (Fernández, 2000 *apud* *ibid.*).

De esta forma la enseñanza experimental no debe ser utilizada de forma distorsionada y reduccionista con el propósito de observar un fenómeno y esperar que a partir de él se desarrollen los conceptos, o por la prueba pura y simplemente por la generación de hipótesis a partir de los procedimientos seguidos. El experimento no debe llevar a objetivos que muestren la visión rígida, algorítmica y exacta de la ciencia donde no se incluye el análisis crítico de las dificultades y limitaciones del conocimiento promovido y tampoco deja la posibilidad de suscitar nuevos problemas (Carrascosa *et al.*, 2006).

En la visión de esos autores es esencial que el trabajo experimental pueda mostrar la extraordinaria riqueza de la actividad científica por medio de situaciones problemáticas abiertas que lleven a otros problemas científicos, de forma que se favorezca la reflexión y el interés por otras situaciones que potencialicen los análisis cualitativos para producir significados que ayuden a la comprensión de las situaciones de enseñanza sobre cuestiones del día a día o que sean de interés. De esa forma, se busca que la generación de hipótesis oriente al alumno en el tratamiento de las situaciones, que se hagan explícitas y puedan actualizarse y enriquecerse los conocimientos que se constituyen en prerrequisitos para la nueva información, que se promueva la elaboración de procedimientos por propios estudiantes, con la función de mostrar la dimensión tecnológica presente en el proceso científico-tecnológico contemporáneo, entre otros importantes objetivos. Para esos especialistas, es necesario que se efectúe una reorientación de la actividad experimental en la enseñanza básica de ciencias, de forma que sea una propuesta de investigación orientada para el sujeto que aprende (*ibid.*).

A pesar de que no hemos colocado explícitamente en este subcapítulo registros sobre la adopción de una reorientación con relación a los experimentos en las exposiciones

de los museos, algunos aspectos que aquí fueron tratados, de cierta forma, se adaptan, asocian y complementan con los sub ítems de este capítulo, en lo que se refiere a nuevos objetivos, procedimientos y metodologías para el trabajo con el acervo de experimentos presentes en las exposiciones de los museos.

## **2.7- Estudios en sistemas CTS y en la transposición didáctica.**

Las actividades prácticas de demostración en los museos pueden ser un mecanismo de transposición del saber científico-tecnológico para el aprendizaje de la población escolar. La actividad experimental que hemos puesto en exposición actúa desde una perspectiva de un sistema de enseñanza CTS (una formación para la alfabetización científica), que junto a la programación escolar necesita encontrar elementos en esta revisión que puedan contribuir a la elaboración de una estrategia didáctica para el enfoque dado al contenido que la escuela no está acostumbrada a desarrollar en la enseñanza de Física. Para tener una idea de lo que es esta perspectiva de enseñanza que estamos proponiendo a la escuela, vamos a hacer una revisión de lo que ha ocurrido en el mundo en relación a la reformulación de la escuela para que se pueda actuar desde esta perspectiva ya incorporada por los museos y centros de ciencias.

Como coloca Hodson, hace ya dos décadas, existen amplios objetivos que caracterizan los museos como un sector de la educación informal que se utiliza para promover la alfabetización científica. Existen tres perspectivas para la enseñanza en los museos: "aprender ciencias" (relacionado con la adquisición del conocimiento racional); "hacer ciencia" (relacionado con el trabajo manual y práctico); y "aprender sobre ciencia" (o sea, cómo la ciencia es hecha en su naturaleza ontológica y relevancia pragmática social) (Hodson, 1988).

Nuevas reflexiones han ocurrido a partir de ese trabajo, en el campo de dominio C&T para responder cuál es el papel de los museos de ciencia en la actualidad. Tenemos la misma comprensión de que estamos hace algún tiempo en el comienzo de una nueva era en la relación entre la ciencia y la sociedad, que continúa exigiendo una perspectiva formadora para la alfabetización científica (Greco, 2007). En la actualidad lo que estamos haciendo es ampliar nuestra visión sobre el papel de los museo de ciencias que pasan a ser, cada vez más, un importante elemento para contribuir de forma significativa con el proceso de

alfabetización científica de la sociedad como un elemento complementario a la educación formal y para actualizar la formación del ciudadano en general. Los museos, en su función educativa, pasan a ser comprendidos a la luz de la filosofía constructivista para la enseñanza-aprendizaje (Pérez *et al.*, 2004).

Laugksch (2000), efectuó una revisión sobre obras que tocan el tema de la alfabetización o literalidad científica (*'scientific literacy'*, es el término utilizado para la propuesta de alfabetización científica en los Estados Unidos, mientras que en Portugal se usa el de "literacia científica"), donde se busca elaborar una síntesis para ampliar el concepto de ese movimiento en pro de la educación mundial. El análisis efectuado es una acción más amplia en la educación básica mundial, y no se constituye ni pretende ser una comunidad de educación profesional de la ciencia. La propuesta de enseñanza por esa vía es colocada primero en un contexto histórico, y posteriormente, analiza los diferentes factores que influyeron para el cambio en el concepto de educación en las ciencias escolar. Asociados a esos factores existieron estímulos de diferentes sectores, político-económico, científico y ambiental en la sociedad contemporánea que están preocupados con la formación para una alfabetización científica. En ese trabajo se presentan diferentes definiciones conceptuales del término, y se comenta sobre la naturaleza absoluta o relativa de incorporar una educación científica en esta modalidad para atender a diferentes finalidades. También se sugieren diferentes maneras de evaluar una formación con ese propósito (Laugksch, 2000).

En la formación para el ejercicio de la ciudadanía, para que se tenga una comprensión más amplia del funcionamiento de la vida actual, es necesario que las personas sepan expresarse en lenguaje técnico y con capacidad crítica, lo que puede ser logrado por medio de las propuestas de alfabetización científica (Constantin, 2001). De esa forma, la difusión científica deja de tener un fin en sí misma y adquiere el significado de ser un derecho del ciudadano a tener acceso a una formación en ese sentido. El individuo necesita capacitarse para trabajar con los hechos de la ciencia y la tecnología que influyen en su vida. El problema es que la institución escolar brasileña no ha mostrado aún condiciones para proporcionar una formación técnico-científica y humanista necesaria para una lectura del mundo actual, lo que ha hecho que los museos interactivos de ciencias sean un espacio educativo adicional fundamental para el auxilio a la alfabetización científica (*ibid.*). La alfabetización científica abarca todo el conocimiento científico que necesitamos utilizar en la comprensión de la vida actual. Esa alfabetización incluye el lenguaje científico que

tenemos que comprender y saber utilizar, o sea, el vocabulario, los conceptos, la historia y filosofía inherentes a las cuestiones científicas que se han incorporado a la cultura y que influye en nuestras vidas (*ibid.*).

La integración de la enseñanza formal con la no formal y sus posibilidades para la alfabetización científica ha sido motivo de varios estudios. Hay una comprensión de que la enseñanza necesita tener como base las relaciones existentes entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Leal *et al.*, 2002). Esa investigación tuvo un carácter exploratorio y en su análisis focalizó fragmentos de narrativas de profesores que participaron en un curso de actualización y perfeccionamiento en el museo así como de alumnos que participaban en procesos de alfabetización por medio de las visitas a la exposición del museo. Se tomaron como base las respuestas a un cuestionario. El objetivo fue saber en qué medida los profesores de ciencias estaban atentos a la discusión de la relación CTS. Los resultados mostraron que a pesar de la variación de tiempo de magisterio, en general, los profesores tienden a seguir un modelo tradicional de enseñanza de ciencias determinado por las orientaciones contenidas en los currículos oficiales y en los libros didácticos. En cambio, en las observaciones de algunos grupos que visitan el museo se atendió, por un lado, a ver las posibilidades que los profesores vislumbraban sobre el trabajo con ciencias por medio del CTS y, por otro lado, para ver lo que surge sobre ciertos contenidos escolares en la exposición (cuando son explorados durante la visita). En ese acompañamiento se verificó que existen incoherencias e incompatibilidades. Los resultados de este análisis mostraron que no hay sintonía entre los modos de pensamiento predominantemente narrativo del museo con el modo predominantemente paradigmático de la enseñanza escolar. Se percibió, además, que, en el caso de la enseñanza no formal, existía una tendencia a incorporar mito y ciencia en la narrativa, permitiendo un aprendizaje más próximo a las cuestiones contextualizadas. Por otro lado, fueron encontradas dificultades en la articulación de los elementos de la tecnología en las narrativas para traer fundamentos a los objetos que estaban expuestos. Según el estudio, esas dificultades aparecían tanto en el habla de los estudiantes como en el de los profesores, pues se disponían a discutir más sobre los modelos teóricos de la enseñanza escolar que sobre lo que era mostrado (*ibid.*).

En ese estudio, el análisis de los datos colectados indicó que, aunque los profesores aún están sujetos a la enseñanza tradicional de ciencias (en gran parte por determinación de los currículos, programas oficiales y libros didácticos), hay por parte de ellos un esfuerzo para trabajar esos conocimientos de modo menos fragmentado y, en la medida de lo posible,

más próximo a la realidad social y tecnológica. Esa predisposición en la escuela se observa cuando utilizan recursos de la divulgación científica de los medios de difusión, como periódicos, revistas, vídeos; como también en el desarrollo de las actividades en campo, que es el caso de cuando comienzan a llevar a los alumnos a los museos. El artículo recomienda la necesidad de profundizar en el estudio de las narrativas que tratan sobre la relación mito, ciencia y tecnología; y afirma que este tipo de iniciativa podría constituirse en un camino interesante para la integración entre la enseñanza formal, no formal y la divulgación científica (*ibid.*).

En otro estudio fueron analizadas las narrativas de niños y profesores durante las actividades desarrolladas en sala de aula y en un Museo de Ciencias, con la intención de encontrar relaciones entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje formal y no formal. El enfoque del estudio fue el de identificar las prácticas que realizadas con el movimiento CTS para la alfabetización científica (Gouvea *et al.*, 2001). La investigación tuvo un carácter exploratorio y fue utilizada como instrumento de investigación para la observación directa en sala de aula del uso de materiales didácticos producidos en el museo para el debate CTS. En el análisis de los datos se buscó establecer las diferencias y semejanzas entre los modos del pensamiento narrativo y paradigmático, tanto en el contexto formal de la escuela como en el no formal del museo. Fue tomada como referencia la psicología educacional y se consideró en el análisis que, la enseñanza practicada en cada una de las instancias educacionales debería favorecer el aprendizaje significativo. Los resultados mostraron que a pesar de que la escuela aún se encuentra sujeta a la enseñanza tradicional, fue posible observar algunas raras iniciativas de orientaciones próximas al movimiento CTS. La distancia entre el modo como la escuela y el museo trabajan puede ser medida por algunos aspectos, como por ejemplo, cuando se constata que el museo adopta la perspectiva de la historia de la ciencia, mientras que lo mismo no ocurre en la escuela. El resultado de ese trabajo indica la posibilidad de desarrollar la enseñanza de ciencias CTS en la escuela destacando las contribuciones que los museo de ciencias pueden ofrecer en ese sentido (*ibid.*).

Miller (1998) efectuó un análisis evaluativo, con base en dos décadas de estudios realizados en los Estados Unidos, donde se incluyeron dos estudios realizados en Europa, con el objetivo de averiguar el resultado obtenido en la formación de los alumnos de una programación de enseñanza de ciencias dirigida a la alfabetización científica (*scientific literacy*). La evaluación efectuada con adultos que estudiaron por esta perspectiva

educacional, llevó en cuenta, la historia, la lógica y la estructura de los programas de enseñanza, para establecer una escala de grados de alfabetización científica que podría alcanzarse en una preparación para la ciudadanía. El resultado mostró que el porcentaje de adultos que están muy bien o bien informados es mayor que el de los que no se encontraban informados de forma satisfactoria con respecto a las medidas consideradas en la evaluación del nivel de conocimiento propiciado por esta formación. Este autor, sin embargo, recomienda un análisis y una discusión más ampliada en estudios futuros que pueda traer más subsidios sobre la comprensión y las actitudes del ciudadano con relación a la ciencia y la tecnología (Miller, 1998).

Finson *et al.* (1987) estudió las actitudes de los alumnos sobre la relación enlace entre ciencia, tecnología y sociedad (enseñanza CTS), a partir de la visita a museos de ciencia y tecnología. El objetivo del estudio fue el de determinar si esas visitas despertaban actitudes CTS en los estudiantes, y cuáles factores hacían que esas actitudes ocurrieran durante la visita, entre ellos: la experiencia previa con actividades CTS en la escuela, la metodología de enseñanza empleada por los profesores, el nivel de escolaridad del alumno, el género, el nivel socioeconómico y el tipo de escuela (pública o privada). Se estudiaron algunos grupos de alumnos del sexto a octavo grado y 13 profesores de esos grupos. Los resultados indicaron que existían diferencias significativas en las actitudes entre visitantes y no visitantes y esas diferencias se encontraban relacionadas al desempeño intelectual del alumno mostrado en las actividades de la escuela. No fueron encontradas diferencias significativas en los otros factores acompañados (*ibid.*).

Según algunos especialistas que estudian esta perspectiva de enseñanza, de todas las intentos que ya se hicieron para una enseñanza de ciencias contextualizada, el enfoque CTS es, tal vez, uno de los mayores emprendimientos originales en el ámbito de la educación en ciencias, con el objetivo de mejorar la calidad de esa enseñanza (Acevedo, 1995; Caamaño, y Vilches, 2001 *apud* Esteban, 2003). Las relaciones entre ciencia y tecnología y sus implicaciones sociales, así como la reflexión que se hace sobre la naturaleza de la ciencia, gana una más amplia dimensión dentro del enfoque CTS de enseñanza. En ese área se está trabajando mucho en la investigación en sala de aula hasta llegar al punto de superar la condición de una mera estrategia didáctica para convertirse en una tendencia para la acción pedagógica en la cual se están preparando programaciones completas de cursos de ciencias (Satis, 1986; Salter, 1996 *apud* *ibid.*), pero la gran dificultad que ha sido encontrada es la transposición didáctica de los contenidos científico-tecnológicos. Una de las grandes

preocupaciones es la de cómo administrar didáctico-pedagógicamente el discurso de los especialistas que será llevado a los libros de texto para la enseñanza en sala de aula (Cheek, 1992; Caamaño, 2001; Martins, 2002 *apud ibid.*).

Sobre la necesidad de socialización del conocimiento científico el concepto de transposición didáctica de Chevallard (1991), establece que “el saber sabio” de la ciencia no es presentado en el proceso educacional de la sociedad en su estado puro, ya que es elaborado a partir del referencial didáctico-pedagógico a partir de objetivos que buscan atender a los intereses socioculturales de una comunidad y no más para atender simplemente a los objetivos traídos del ámbito de la ciencia. La transposición del conocimiento en diferentes sectores educacionales de la sociedad ha sido una preocupación con la intención de valorizar los saberes de la experiencia sociocultural (Chevallard, 1991).

Entre esos sectores se encuentra la escuela y el museo que deben mantener una concepción de saber diferenciada pues son espacios sociales que trabajan con la ciencia con objetivos diferenciados (lo que no quiere decir que el procedimiento escolar esté correcto frente a las exigencias de una formación para la ciudadanía dentro de las aspiraciones socioculturales de la actualidad). Frente a esa realidad es que algunos autores que se preocupan en estudiar la divulgación científica efectuada por los museos reafirman que, en esa instancia educacional, la transposición del saber científico pasó a ser orientada por prácticas inherentes a su estructura sociocultural (Allard *et al.*, 1996; Simonneaux *et al.*, 1997; Asensio *et al.*, 1999).

De esa forma, existe un proceso de transformación que todo conocimiento científico sufre en la divulgación y popularización de los museo de ciencias, pues el saber científico es influenciado por el referencial pedagógico utilizado para atender a los intereses y forma de percibir de la comunidad. Mientras tanto, en lo que se refiere al concepto de transposición didáctica, algunas críticas han sido hechas, donde la principal de ellas es sobre el papel que tienen las prácticas sociales en la constitución del conocimiento escolar (Caillot, 1996). En la visión de este autor, la teoría de la transposición didáctica de Chevallard es problemática, ya que parte del presupuesto de que existe un saber que es único en la ciencia, cuando en la popularización de la ciencia es necesario que se transmita un saber de acuerdo con las formas de percibir que tiene la comunidad). Caillot, señala que otras referencias sobre la constitución del saber también deben ser llevadas en cuenta durante la estructuración de un contenido de enseñanza escolar (*ibid.*).

Según Marandino (2001) el referencial teórico de la transposición didáctica en estudios museográficos ayuda a percibir cómo se realiza la socialización del saber científico, lo que puede constituirse en un elemento de cómo se construye el saber escolar, pero ese elemento no puede ser el único, ya que otros saberes también deben participar en la constitución de los saberes desarrollados en la escuela. El sentido inverso de este pensamiento también es válido debido a los saberes de los museos que, durante la elaboración de sus exposiciones, tendrían otros elementos, además del saber escolar que entraría en la constitución del saber que va a ser expuesto (Marandino, 2001). En ese sentido, en el estudio de este autor existió una doble preocupación, con la transposición didáctica museográfica y con la re-contextualización practicada en los espacios de los museos de ciencias. Como señala Marandino (2001), el concepto de re-contextualización (Bernstein, 1996b *apud* Marandino, 2001), guarda una proximidad y extiende el concepto de transposición didáctica de Chevallard para las pretensiones de su análisis de lo que sea la acción pedagógica en los museos.

Ese autor quiso tener una comprensión de los mecanismos de constitución del discurso expresado en las exposiciones (en este caso en el abordaje de temas de biología). El estudio tomó como base que la transformación del conocimiento científico para fines de enseñanza y divulgación científica se constituye en el espacio-tiempo en la producción de nuevos saberes y se entiende que para la sociedad, las transformaciones que los saberes sufren en el ámbito de la enseñanza son fundamentales, asumiéndose que la manipulación transpositiva de los saberes es una condición necesaria y suficiente para el funcionamiento de la sociedad. Una valorización aislada de la producción del conocimiento, en detrimento de las manipulaciones necesarias que ocurren en el proceso de socialización debe imposibilitar el propio funcionamiento de la sociedad (Chevallard, 1991 *apud* Marandino, 2004). Con base en esos elementos conceptuales la transformación del conocimiento científico con fines de enseñanza y divulgación no se constituye en una simple "adaptación" o mera "simplificación" del conocimiento. Se debe intentar comprender cómo aparecen y se adaptan los nuevos saberes en ese proceso. Ese estudio buscó encontrar los límites y posibilidades del uso de esos conceptos para una comprensión del proceso educativo que podría ocurrir en el museo (Marandino, 2004).

Retornando a la comprensión de lo que sea una alfabetización científica con base en algunos aspectos de la tecno-ciencia, tenemos que observar su proceso evolutivo. Para saber el porqué de la historia de la ciencia dentro de los sistemas CTS de enseñanza es necesario

efectuar una reflexión que se inicia a partir del año 1920, cuando se comenzó a considerar el papel del rescate histórico en la enseñanza de ciencias. Sobre ese tema hay un gran número de estudios que tratan sobre la necesidad e importancia de esa incorporación y que indican muchas ventajas como “arma pedagógica” para enseñar ciencias (Marco, González, y Simo, 1986; Furió, Hernández y Harris, 1987; Hodson, 1988; Dana, 1990; Duschl, 1994; Mathews, 1994; Gil, 1996; Monke y Osborne, 1997; Scerry y McIntyre, 1997, Moore, 1998; Paixão y Cachapuz, 2000; Tsaparlis, 2000 *apud* Esteban, 2003). Pero, ¿cuál sería el papel de la historia de las ciencias en la enseñanza escolar? Según Esteban (2003), existen tres razones para promover la historia en la enseñanza. Una de ellas sería permitir involucrar a los alumnos en situaciones problemáticas en las que hayan estado inmersos en sus épocas los pensadores de ese conocimiento, para intentar facilitar, de esa forma, una mejor comprensión del alumno sobre cómo se desarrolla la ciencia. Un segundo papel estaría relacionado con la estética, pues el descubrimiento científico haría que la enseñanza fuese más amena y atractiva. El tercer papel sería el de ver que la historia de la ciencia proporciona un número muy variado de situaciones que ilustran las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, propiciando más sentido y utilidad, lo que podría facilitar la adquisición de contenido científico por el alumno (Esteban, 2003).

La sociedad actual vive permeada de tecnología, incluso cuando estamos delante de ambientes naturales. Llegamos a un punto de desarrollo, crecimiento y uso de tecnología que ha exigido serias reflexiones sobre la cultura técnico-científica instalada que muestra, por un lado, que favorece al hombre, mientras lo desfavorece, por el otro, cuando se evalúa la degradación ambiental que la sociedad tecnológica actual ha causado. En la formación de un ciudadano dentro de la sociedad actual, no es siempre que se encuentra bien definida la función de la tecnología en la educación científica (Martins, 2002). La no valorización de la enseñanza tecnológica hace perder mucho de la educación científica que las personas deberían tener (Fernández *et al.*, 2003).

El dominio de las especificidades técnicas es importante para el mantenimiento de la vida. Los conocimientos tecnológicos y sus valores representativos deben ser observados de forma crítica en su función social. Se trata de algo mucho más amplio que una simple “instrucción tecnológica” A pesar de la enorme influencia de la tecnología en la actividad humana, la escuela remite ese estudio a un estado subalterno en la dimensión de las disciplinas de ciencias constantes en toda la formación básica (Martins, 2002). La escuela necesita trabajar en una redefinición de los conceptos de educación científica y de

educación tecnológica (Layton, 1988; Rutherford y Alhgren, 1999; Santos, 1999 *apud* Martins, 2002), pero según algunos estudiosos en el asunto, eso solo irá a ocurrir si la educación tecnológica puede ser reconocida e integrada a la educación científica (Hurd, 1994; Acevedo *et al.*, 2003 *apud* Martins, 2002). Otros autores se preocuparon en fundamentar la necesidad del trabajo en la enseñanza básica de la escuela mediante la perspectiva de la alfabetización científico-tecnológica (Auler *et al.*, 2001; Fourez, 1999).

La programación de la enseñanza de ciencias en la escuela debe pasar a contener problemas abiertos en el que los alumnos puedan involucrarse con la investigación, buscando informaciones sobre temas que normalmente exigen relaciones inter y transdisciplinarias para el desarrollo de competencias, actitudes y valores relevantes desde el punto de vista personal y social, con los que puedan ser despertadas la creatividad y el espíritu crítico como valores primordiales (Cachapuz *et al.*, 2000), pero lo que se ha observado es que la enseñanza de las ciencias ha sido realizada por medio de extensos programas que, en la opinión de los profesores, tienen dificultades cuando se quieren establecer estrategias de enseñanza para que puedan ser cumplidas. Por otro lado, los investigadores que traen propuestas innovadoras como resultados de sus investigaciones didácticas, se quejan de la ausencia de temáticas relevantes de la actualidad en esa programación destinada a atender las ansias de los jóvenes (Cachapuz *et al.*, 1997). Uno de los factores que se observa, entre las dificultades de implantación existentes en la enseñanza básica (fundamental y media), es que la orientación CTS solo podrá ser una realidad cuando esté implantada en la educación superior (Martins, 2002). Otro factor que influye en la implantación de la enseñanza bajo la orientación CTS es la falta de confianza y conocimiento del profesor para trabajar con temas contextuales en que existe carencia de información en la sociedad (Martins 1998). A pesar de las dificultades hasta aquí comentadas, las necesidades de actualización de esa enseñanza, la organización de programas de ciencias bajo orientación CTS pueden traer resultados satisfactorios, con respecto al interés y motivación para el aprendizaje de las disciplinas de ciencias ya que envuelven temas actuales y pertinentes (Manasero *et al.*, 2001).

Muchos educadores y científicos defienden que el aprendizaje de las ciencias es duro debido a las dificultades inherentes a la asimilación de su contenido, pero la mayoría de los profesionales que actúan en el sistema académico lo consideran indispensable para una formación científica adecuada. Esa postura, de cierta forma, entra en contradicción cuando se quiere resolver el desfase de los programas, para atender a los intereses de los

jóvenes. En esta actualización es necesario que se incorporen temas relevantes que permita que los jóvenes alcancen nuevos saberes donde se incorporen las principales ideas científicas ya establecidas (Martins, 2002).

Un análisis efectuado en los programas de ciencias de la enseñanza básica obligatorio, ha identificado lagunas en contenidos considerados fundamentales (Martins *et al.*, 1999), pero hay que considerar que aunque la alteración de los programas escolares sea fundamental, no puede resolver por sí misma los problemas de la educación en ciencias de los alumnos, ya que es necesario que los profesores en formación y en servicio tengan la sensibilidad necesaria para comprenderla para que se puedan hacer las modificaciones necesarias e introducir las nuevas metodologías (Martins, 2002). La preparación para la vida requiere competencias en prácticas que implican pasar de una metodología de enseñanza que aborda el “conocimiento en sí” para el “conocimiento en acción” (*ibid.*).

En la formación tradicional de la escuela existe una deformación en la enseñanza de ciencias, pues se busca transmitir conocimientos con una visión descontextualizada y socialmente neutra con la que algunos estudios no están de acuerdo (Alkenhead, 1984; Gliardi y Giordan, 1986; Brush, 1989; Cleminson, 1990; Garcia Cruz, 1991; Hodson, 1992a y 1992b; Carrascosa *et al.*, 1993; Gil, 1993; Acevedo, 1994; Matson y Parsons, 1998; *apud* Fernández *et al.*, 2003). En ese tipo de formación tradicional se ignora o se lleva en cuenta de forma muy superficial, las complejas relaciones CTS que aparecen de forma gradual en la enseñanza de ciencias (Fernández *et al.*, 2003).

Otra cuestión es la necesidad de actualización que el individuo enfrenta cuando decide hacer una carrera tecnológica. Frente a las constantes transformaciones que ocurren en los medios de producción, la dinámica de actualización de procedimientos en las carreras profesionales no permite una formación única cuya utilización dure toda una vida (Martins, 2002). Los valores establecidos para una formación trascienden el conocimiento específico con dominio de determinadas habilidades que después podrá quedar desfasado en el mercado de trabajo. De esa forma, lo mejor sería utilizar el conocimiento y el desarrollo de las habilidades en técnicas para desarrollar valores en un sujeto creativo, innovador y cuestionador, con iniciativas para adaptarse a las nuevas situaciones que necesita enfrentar en la vida (*ibid.*).

En la bibliografía existen algunos libros que buscan pasar una visión crítica y amplia sobre la necesidad de la educación CTS de forma que se pueda atender a la tarea de

alfabetizar en ciencia y tecnología para la vida (Cheek, 1992; Solomon, 1993; Kumar y Chubin, 2000; Stephen y Cutcliffe, 2000).

Aunque se buscan caminos y orientaciones para una renovación en la educación tradicional, algunos estudios muestran las dificultades en la escuela con respecto a la implementación de una programación CTS. Eso ocurre pues los efectos investigados no se han considerados convincentes [Stern *et al.*, 1995; Hughes *et al.*, 2001]. Shamos (1995) también cuestiona el hecho de poner a todos los estudiantes, desde la enseñanza básica a la universitaria, para aprender ciencia con la finalidad de ser alfabetizados de forma científica. Por otro lado, en la formación de profesores para la enseñanza escolar, algunos estudios muestran que la enseñanza a través del enfoque CTS enfrenta grandes obstáculos en su implementación, especialmente cuando se trata de temas controvertidos (Acevedo, 2001; Martins, 2002; Cachapuz *et al.*, 2004; Brito *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2009). Eso ocurre normalmente debido a la desconfianza que se crea en los profesores ya graduados y también en los futuros profesores en formación, por la existencia de una pérdida de identidad profesional o temor a que algo se les escape a partir de la concepción de enseñanza a la que estaban acostumbrados en su formación estudiantil.

Los libros de textos usuales utilizados en la enseñanza primaria y secundaria de ciencias (denominada de *Educação Básica* en Brasil) se encuentran lejos de presentar una visión integrada entre ciencia, tecnología y sociedad. Por esa razón el cuaderno temático que elaboramos para usarse en esta fase de la investigación, aborda el tema de la energía buscando situarse dentro de una perspectiva CTS de enseñanza, pues se preocupa con la evolución histórica hasta llegar a contextualizar la energía como un producto de consumo en la sociedad actual (Ornellas, 2006). El profesor de la escuela para trabajar de forma integrada con la exposición del museo, necesita cambiar su sistemática de enseñanza en relación con el contenido. De cierta forma el cuaderno temático sobre energía propuesto como apoyo didáctico al profesor, puede despertar algunas iniciativas para el trabajo integrado en una exposición que busca promover la alfabetización científica por medio de un enfoque histórico-epistemológico y técnico-científico. En ese sentido, como veremos a continuación, algunas investigaciones sobre acciones educativas en ciencias con enfoque en el tema de la energía, han buscado mostrar la importancia de ese contenido en una propuesta de sistema CTS de enseñanza.

## **2.8-Investigaciones sobre los enfoques de enseñanza del tema de la energía.**

En el *Museum of Indianápolis* fue efectuada una investigación donde, entre otros contenidos, se trabajó con el tema de la energía para averiguar lo que los niños entre 6 y 8 años de edad piensan y aprenden cuando visitan una galería del museo preparada para atender a esas edades. La exposición montada presentaba una serie de actividades que debían ser investigadas con el objetivo de obtenerse estrategias didácticas de mediación eficaces en ese espacio para atender al aprendizaje de lo que era programado del acervo para contacto e interacción de los visitantes. Los resultados obtenidos trajeron un conjunto de herramientas integradas (estrategias didácticas que se relacionaban) de apoyo al aprendizaje de los niños dentro de lo que era exhibido. La idea de estructuración de esas herramientas era la de que pudiesen ser utilizadas para atender a los diversos niveles de participación de los pequeños en otros momentos (Schauble *et al.*, 1997). Ese estudio mostró resultados favorables en la utilización del contenido de la energía para el desarrollo de herramientas estratégicas para la mediación con niños. Este estudio también nos indicó algunas posibilidades sobre lo que podríamos hacer en nuestra investigación de la tesis cuando fuésemos a trabajar con adolescentes concluyentes de la etapa final de la enseñanza primaria.

Allen (2004) en su libro *Museums and the public understanding of science*, destaca la utilidad y amplitud del tema de la energía como un importante contenido para la organización y montaje de las exposiciones. El libro se refiere a varios aspectos de la concepción de los museos actuales, donde en el aspecto pedagógico sitúa que los organizadores de las exposiciones en los museo de ciencias han enfrentado un dilema constructivista, pues en la concepción de espacio público de exposiciones deben facilitar el aprendizaje de la ciencia, buscando atender a las elecciones de un diversificado público visitante. Se refiere también a las preocupaciones con la eficiencia de las exposiciones en el sentido que, como instrumentos de enseñanza, tienen la necesidad de ser altamente motivadores intrínsecamente, para que tenga lugar el aprendizaje a cada paso de interacción del visitante con el acervo.

Allen (2004) también comenta que es necesario que exista la preocupación con una programación que sea capaz de sustentar la participación del público que sea, al inicio, solo como una actividad de esparcimiento. Y que para enfrentar ese desafío de que el espacio de

enseñanza-aprendizaje sea una actividad placentera, es de vital importancia que se apoye el delineamiento de un proceso que utilice un fuerte programa de investigación y evaluación de lo que se encuentra expuesto. El autor formaliza el compromiso con el proceso educacional, sugiriendo cuatro áreas de investigación-evaluación sobre: el aprendizaje inmediato, la interactividad física, la coherencia conceptual y la diversidad de los alumnos visitantes (Allen, 2004). Con ese compromiso asumido de evaluación-investigación y frente a la recomendación de la exploración de temas como la energía, parece estar clara para el autor la función que determinados tipos de contenidos ofrecen para facilitar lo que se propone en la exposición (*ibid.*).

El autor afirma que existe una ascensión permanente de ese compromiso asumido que tuvo su inicio, algún tiempo atrás, en el museo *Exploratorium*. El enfoque seguido es el de que hay que exhibir las colecciones con enfoques diversos para obtenerse formas diversificadas de hacer para que las personas busquen conexiones con el acervo científico. El autor se posiciona sobre los efectos de la incorporación de narrativas personales verificadas delante de las exposiciones y afirma que, a pesar de que esa técnica se ha revelado como adecuada en el plano histórico-cultural de las exposiciones temáticas, ha sido relativamente ineficaz en otros aspectos, como es el hecho de que no consigue reforzar las evidencias sobre al aprendizaje personal a partir de la exposición (*ibid.*).

Kevin *et al.* (2006), efectuaron un estudio con el objetivo de investigar las actitudes desarrolladas por los alumnos a partir de la visita al museo para el aprendizaje de cierto contenido (que envolvía la energía), en una acción integrada con la programación escolar donde era relacionada ciencia-tecnología-sociedad (enseñanza CTS). Los factores examinados incluían la experiencia previa en CTS traída de la escuela, la metodología empleada por los profesores, el grado de escolaridad, el nivel socio-económico, el tipo de escuela (pública o privada) y el género. El estudio fue efectuado con varios grupos de alumnos, del sexto al octavo grado que cursaban a disciplina de ciencias, y se preocupaba también en envolver la participación de los profesores. Los datos fueron colectados a través de la aplicación de un prueba de conocimientos *a priori* y una segunda prueba *a posteriori* para un análisis cuantitativo. También fue aplicado un cuestionario específico para un inventario de las actitudes.

Los resultados de los diversos instrumentos de evaluación indicaron que hubo diferencias significativas en las actitudes de los visitantes en relación a los no visitantes, así como diferencias entre los varios niveles de escolaridad que fueron acompañados. No

fueron encontradas diferencias significativas en los demás factores. Una conclusión que pudo obtenerse es que es necesario que sea usada desde el inicio hasta el fin una buena pedagogía y que la misma debe ser extendida a las actividades realizadas en sala de aula (Kevin *et al.*, 2006). Ese estudio trae cierta relación directa con la investigación de nuestra tesis, donde se quiere investigar las actitudes ante un enfoque CTS relacionado con el tema de la energía.

En la acción de los museos para atender a las exigencias de una sociedad cada vez más técnico-científica, el tema de la energía ha sido bastante explorado en las exposiciones de los museo de ciencias, donde existen hasta museos que se dedican exclusivamente a la explotación de ese tema, por ejemplo: el *American Museum of Science & Energy*, el *Hong Kong Science Museum*, y el *Museum of Science and Industry, Global Warming & Energy*). Debido a la importancia que tiene la energía en la divulgación científica CTS es que muchos estudios (investigaciones, revisiones bibliográficas, libros, etc.), preocupados con la enseñanza-aprendizaje en los museos utilizan ese tema en sus abordajes. Esos estudios presentan objetivos diferentes, establecen relaciones o no con los programas escolares, y utilizan diferentes áreas de estudio como la Física, la química y la biología, o tratan las ciencias de forma integrada. La importancia de ese tema en las cuestiones relacionadas a la vida está caracterizada, por ejemplo, entre los ecologistas del área de biología, cuando pasaron a dar mucho valor a la medida de energía en sus principios y relaciones. Lo que ocurrió cuando este contenido pasó a ser utilizado como parámetro en la descripción de la estructura trófica de las comunidades o cuando se abrió un amplio campo de estudios en estequiometría ecológica (Sternner y James, 2002).

El tema de la energía ha sido utilizado para evaluar los efectos de la visita en el aprendizaje, así como para tratar de la estructuración de la exposición y para preparar profesores para que trabajen con el acervo (Dean, 1994; Solomon, 1997; Riviere, 1985; Macdonald, 2002; Pedretti, 2002; Allen, 2004; Falk y Storksdieck, 2005; Hsi y Fait, 2005, Kevin *et al.*, 2006). Como esos estudios fueron realizados normalmente por investigadores de los propios museos, su enfoque no estaba en evaluar las dificultades de los visitantes con detalles sobre la comprensión de aspectos relacionados con ese tema, aunque sí había una relación con la escuela. Por lo que consta en esos estudios en la mayoría de los casos fue importante evaluar los medios de estructuración del acervo con el fin de buscar evidencias sobre la utilidad del museo en la promoción del aprendizaje. Así, el énfasis en la utilización de este tema ocurre más debido a su reconocida utilidad en la perspectiva técnico-científica

de actuación de los museos. Por ese motivo vamos a intentar recurrir en esta revisión bibliográfica a estudios que investigaron las dificultades para el aprendizaje de este tema, con atención especial hacia el enfoque de enseñanza utilizado. De esa manera, los trabajos que presentaremos ahora se encuentran relacionados a las dificultades encontradas en los estudiantes para el aprendizaje de aspectos relacionados al tema de la energía.

Solbes y Tarín, (1998; 2004), preocupados con las dificultades relativas a la energía, realizaron varios estudios donde consideran que la conservación de la energía es uno de los conceptos más importantes en Física por la capacidad de unificar todos los fenómenos en diferentes áreas o disciplinas científicas. En esos trabajos es comentado que la enseñanza de la importancia del concepto de energía es un reflejo de su importancia en la sociedad. Hace referencia a una infinidad de trabajos en didácticas de las ciencias que se ocuparon por averiguar dificultades en las ideas previas del concepto de energía, calor y trabajo. Citan algunos temas que esos trabajos se preocuparon por identificar: sobre la energía y sus fuentes (Carr y Kirkwood, 1988; Salomon, 1985 *apud* Solbes *et al.*, 2004); sobre la relación con la potencia energética [Goldring y Osborne, 1994 *apud* *ibid.*]; sobre la relación con el trabajo (Duit, 1984; Driver y Warrington, 1985 *apud* *ibid.*); la relación entre la energía y movimiento (Salomon, 1983 *apud* *ibid.*); con relación al consumo (Kesidou, Duit, 1993 *apud* *ibid.*); con relación a la energía como materia (Duit, 1987, Salomon, 1985 *apud* *ibid.*); el calor como sustancia material (Albert, 1978; Erickson, 1979, 1980 *apud* *ibid.*); el calor como una forma de energía (Van Roon *et al.*, 1994, *apud* *ibid.*); el calor identificado como temperatura (Arnold, 1994, *apud* *ibid.*); y la energía potencial gravitacional como algo intrínseco almacenado en el propio cuerpo y no como algo oriundo de la interacción masa-campo gravitacional (Poon, 1986 *apud* *ibid.*).

Según Solbes y Tarín (2004), no todas las dificultades del estudiante en el aprendizaje de energía tienen su origen en las ideas previas. El estudiante puede no comprender el concepto de energía y de las cuatro características principales asociada a ella: la transformación, la conservación, la transferencia y la degradación. En esos aspectos fueron mostrados los siguientes comportamientos: al analizar un problema de energía algunos alumnos lo consideraron como un proceso en lugar de un sistema de interacción con el entorno (Driver y Warrington, 1985; López Gay, 1987 *apud* Solbes *et al.*, 2004). Existen alumnos que siguen un modelo de raciocinio lineal causal que ignora otras circunstancias (Rozier, Viennot, 1991; Van Huls y Van den Berg, 1993 *apud* *ibid.*). En otro caso, los alumnos no consiguen interpretar los fenómenos cotidianos utilizando ese

concepto y sus fundamentos (Duit, 1981, 1984; Driver y Warrington, 1985; Trumper, 1991; Nichols y Ogborn, 1993 *apud ibid.*).

A pesar de la existencia de muchas investigaciones relativas al tema, según Solbes y Tarín (2004), la mayor parte de los fenómenos investigados en su revisión bibliográfica se refiere a fenómenos mecánicos y térmicos, sin llevar en cuenta el potencial unificador del tema. Por esa causa, esos autores decidieron ampliar el enfoque al contenido, dentro de un sistema CTS, que utilizaba la ley de conservación, observando a partir de ese procedimiento las consecuencias para el aprendizaje de los alumnos.

Solbes y Tarín (2004), al ampliar la visión sobre el tema del aprendizaje con alumnos de enseñanza secundaria, observaron que mejora el concepto de energía y sus fundamentos (transformación, conservación, transferencia y degradación).

La comprensión de los alumnos sobre la energía también fue investigada a través de una secuencia didáctica que explica y revisa los “modelos de energía” (Barbosa *et al.*, 2006). El trabajo fue desarrollado en grupo, por medio de debates, lecturas y experimentos sencillos. En esa diversidad de actividades se exploraron fenómenos y ejemplos de problemas, buscando explicarlos, así como revisarlos y mejorar los modelos mentales de los estudiantes por medio de un proceso socio-cognitivo. Estudios anteriores relacionados ya indicaban que los estudiantes muestran una tendencia para dar una mayor atención a las características observables de los fenómenos (antropocéntrica, reservatorio, recargable y de consumo, una sustancia contenida, un fluido material) (Watts, 1983; Watts y Gilbert, 1985; Gilbert y Pope, 1982 y 1986; *apud* Barbosa *et al.*, 2006). Sin embargo, esos estudios solo buscaban establecer un modelo para el fenómeno, sin preocuparse con evaluar el nivel de complejidad, de coherencia y de organización del conocimiento del individuo sobre ese tema. Todavía en 1994 se intentaba sistematizar en cinco estructuras principales la interpretación dada por los alumnos sobre el concepto de energía: una concepción antropocéntrica; una concepción de algo almacenable; una concepción asociada a la idea de fuerza y movimiento; una concepción de combustible; y también la concepción de fluido, ingrediente o producto (Driver *et al.*, 1994 *apud ibid.*). No había una preocupación con entidades hipotéticas o invisibles o como algo que requería abstracciones para explicar los fenómenos. Por medio de la observación de cómo cada estudiante concebía la energía es que se intentó atribuirse explicaciones causales (Kuhn, 1977 *apud ibid.*): restringida o eficiente (la energía surge por un agente mediador pasivo) y la autosuficiente (la energía como la propia causa, como un agente activo). En la investigación efectuada por Barbosa y

Borges es registrado que en las diversas situaciones cotidianas colocadas se evidenciaban más saberes cotidianos que los que fueron aprendidos en la escuela. Quedó comprobado que, a pesar de que los alumnos materializaron el concepto de energía, ellos consiguen mostrar facilidades para trabajar de manera espontánea las diversas formas de energía para describir diferentes situaciones que permiten en una primera aproximación, establecer su concepto (los alumnos consiguen expresar el concepto de energía en situaciones materializadas sin estar aptos para reconocer las instancias en las cuales el concepto se aplica a través de modelos conceptuales). En la opinión de los autores de ese trabajo es necesario evaluar lo que se gana o lo que se pierde al intentar desarrollar el concepto de energía en el estudiante de manera abstracta y no como él consigue dominar ese concepto (Barbosa *et al.*, 2006).

Existen otros estudios que hacen consideraciones sobre la enseñanza-aprendizaje del concepto de energía, que investiga los conceptos atribuidos por los alumnos, que coloca en debate una reformulación global de la enseñanza de Física dando un mayor énfasis en la programación de enseñanza de ese tema, que se preocupa con la formación de profesor para un trabajo más dirigido a la exploración de ese tema, entre otros aspectos (Brna *et al.*, 1997; Trumper, 1998; Doménech *et al.*, 2003; Assis *et al.*, 2003; Leggett, 2003; Panayiota *et al.*, 2003).

Antes de finalizar este capítulo de revisión bibliográfica queremos señalar la poca referencia que nuestra enseñanza local de ciencias hace con relación a la valorización de la tecnología. Se pierde la oportunidad de trabajar con estrategias para una enseñanza volcada para la investigación científica que va desde las formas de cómo generar electricidad y mejorar la eficiencia en cada forma de generación hasta cómo producir y mejorar los productos, así como saber los beneficios y maleficios creados por la actividad productiva industrial (Fernández *et al.*, 2003). Desde nuestro modo de ver, se hace evidente la importancia en darse énfasis en la programación escolar al tema de la energía, por su naturaleza integradora que permite implementar la perspectiva de la tecno-ciencia por el sistema CTS, que despierta el interés del alumno en la enseñanza primaria y secundaria de Física o ciencias y que pueda, a partir de los problemas contextuales, desarrollar potencialidades cognitivas para una mejor comprensión del mundo actual.

Vamos a finalizar esta revisión con una declaración pública efectuada por el *National Science Teachers Association* de los Estados Unidos de América (NSTA-USA, 1998), en apoyo a los esfuerzos educacionales de los museos y otros sectores informales de

divulgación científica que se presentan dentro de los contextos educativos, donde fue reconocido que esa enseñanza informal ha promovido informaciones y prácticas experimentales en importantes áreas de estudio con finalidades de integración social, desarrollo cognitivo y dominio emocional. A pesar de haber sido reconocido que buena parte de una visita a un museo de ciencia puede ser vista como un momento de entretenimiento y diversión planeada, existe el lado educativo en lo que es mostrado con objetivos educacionales definidos, lo que puede auxiliar en el desarrollo de ideas que puedan servir como "ganchos" espectaculares para interactuar con el conocimiento previo traído con futuras experiencias vividas por los visitantes escolares (NSTA-USA, 1998).

En el capítulo siguiente vamos a presentar el marco teórico que deberemos utilizar para atender a nuestro problema, procedimientos y objetivos de investigación. Iniciaremos el capítulo mostrando la función educacional de los museos y centros de ciencias e intentando mostrar las diferencias de la educación escolar y posibles relaciones que se muestran en la bibliografía para una acción integrada. Después abordaremos algunas ideas contenidas en la psicología del aprendizaje significativo clásico y crítico que darán soporte al análisis e interpretación de los resultados. Más tarde, haremos referencia a algunas ideas de la teoría de los campos conceptuales que servirán de base para la elaboración de la estrategia didáctica destinada a la presentación del contenido físico de enseñanza de nuestra programación. También haremos referencia al movimiento educacional para la alfabetización científica, que identificaremos como sistema CTS de enseñanza para, después referirnos a algunos aspectos fundamentales sobre la transposición didáctica y las dificultades que aparecen en la literatura para su implementación. Por último, trataremos de los procedimientos y actitudes para la solución de los problemas experimentales de naturaleza técnico-científica.

# **CAPÍTULO 3**

## **FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS**

## CAPÍTULO 3

### FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS

#### 3.1 La Función Educativa de los Museos.

Existe un compromiso mundial firmado en las Naciones Unidas estableciendo una agenda de la ciencia con líneas que visan implementar un compromiso político con principios amplios e integral en el que se busca promover y popularizar la ciencia y la tecnología a largo plazo para los ciudadanos de todos los rincones del planeta. Una declaración en la que son acordados algunos puntos de interés para el trabajo de los museos, tales como: líneas de acción que buscan aumentar la conciencia de los actúan en la ciencia para un papel de la educación científica y de la comunicación de esta ciencia, en cuanto a la promoción de la comprensión del individuo en las cuestiones que cada vez afectan a la sociedad; los gobiernos deberán dar prioridad, cada vez más, a la mejora de la educación científica en todos los niveles, con especial atención a la eliminación de los prejuicios de género y social, en relación a los grupos desfavorecidos, aumentar la conciencia pública sobre la importancia de la ciencia para la ciudadanía y fomentar su popularización (UNESCO, 2000)

Un estándar internacional utilizado para definir educación expresa que toda comunicación está organizada, sostenida y diseñada para producir aprendizaje. Esta definición, aunque muestran un sentido restrictivo, al mismo tiempo, presenta un sentido amplio por incluir cualquier cosa que se planea para el hecho de educar. Aunque hay un amplio margen para el acto de educar, esta definición le da poca importancia a las formas espontáneas, extra-escolares del aprendizaje de la educación informal. Por lo tanto una mejor definición más adecuada al proceso educativo sería caracterizar la educación como algo dirigido a producir cambios en las actitudes y el comportamiento de las personas. Esto sólo es posible que se produzca en las personas, mediante la adquisición de nuevos conocimientos, destrezas y habilidades. Esta definición amplía las posibilidades de aprendizaje espontáneo extra-escolar y sitúa la educación en los museos, como un proceso amplio, difuso y rico en potencial creativo siendo tan digno de la financiación pública, como es la educación formal escolar (López et al, 2004).

La palabra museo de la ciencia, hoy en día, se relaciona con una actividad de información científica, dentro del mismo nombre y concepto dado al *centro de la ciencia* cuya expansión en los países en desarrollo juega un papel social y la popularización de la ciencia de gran importancia (Albagli, 1996; Murriello et al 2006). Son instancias que pueden contribuir al proceso de alfabetización científica de la sociedad, a fin de complementar la educación formal de la escuela. Para eso la visita no debe ser hecha sin que haya una interacción mayor siendo necesario un acompañamiento del visitante para una vivencia en lo que sea de su interés. (Alderoqui, 1996, p. 19). El museo de la ciencia o el centro de la ciencia, tienen los siguientes objetivos:

- a) aumentar el interés de las personas por la ciencia y por sus tecnologías relacionadas;
- b) divulgar información científica;
- c) mostrar que la ciencia y la tecnología son actividades y solo un cuerpo de conocimientos y hechos;
- d) explicar como la ciencia y la tecnología contribuyen y cambian la vida de las personas;
- e) procurar introducir o reforzar formas de pensamiento científico trabajados en las escuelas o difundidos en la sociedad por diferentes mecanismos de comunicación;
- f) presentar objetos de naturaleza poco común;
- g) mostrar los fenómenos científicos;
- h) motivar a los jóvenes a interesarse por carreras científicas y tecnológicas;
- i) mejorar el entendimiento de las personas sobre la ciencia con la finalidad de propiciar una ciudadanía más informada y capaz de tomar mejores decisiones en un régimen democrático.

También podemos observar que la misión más importante de un Centros de Ciencias es la educación. Que dependerá de un número limitado de variables, siendo una de las más importantes, las exposiciones científicas interactivas, que abarcan diferentes áreas del conocimiento (Friedman, 2002, a).

Los museos o centros de ciencias y tecnologías son globalmente en su mayoría, instituciones relativamente recientes, presentando unos treinta años de existencia. Son especializados en desarrollar exposiciones interactivas que causan impactos y despiertan la curiosidad y el interés, cambiando muchas veces la visión que las personas tiene en la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y medioambiente. En la mayoría de las veces, necesitan recibir apoyo financiero, de alguna forma de fomento de las ciencias de iniciativa gubernamental, asociaciones filantrópicas, individuos, fundaciones de amparo a la ciencia, empresas, etc. (ibid.). La complejidad de una serie de objetivos de estas instituciones va más allá de la exposición de su acervo e incluye actividades de adquisición, conservación, preservación y estudio de la evolución científica y tecnológica, la actividad artística y cultural en la sociedad humana. Teniendo como finalidad la educación y la promoción, bajo la perspectiva del museo interactivo que busca ser atrayente a todo tipo de público visitante. En estos espacios es permitido al individuo manipular, tocar, experimentar, e interactuar con diversos fenómenos de intereses constantes en el mundo natural. Los museos pueden ser utilizados para fines educativos, cabiendo, en tanto, diferenciar el aprendizaje que puede ser efectuado en el museo de de la escuela (López *et al*, 2004).

Sin embargo, estas asociaciones entre museo y la escuela no debe ser temida o entendida como algo de naturaleza reduccionista, desde la perspectiva del papel de los museos como de la función de las escuelas (Botelho, 2001). La mediación cultural de los museos en sus muestras científico-tecnológicas, no debe limitarse al habla de monitores y la estética del mensaje de lo que está escrito en las placas y los textos explicativos de su programación. Pero, una relación entre la enseñanza del museo con la escuela, pasa por el análisis de las cuestiones en las que debemos buscar, límites, posibilidades y la complementariedad entre las acciones del museo y la escuela. Esta intención de la integración puede ser profundizada a partir de los diferentes significados que se pueden dar, en estos dos casos, el término "alfabetización científica" (ibid.).

En su difusión de los conocimientos científicos se busca mostrar de manera fácil y accesible, los avances de algunas ramas de la ciencia con la tecnología, tratando de asociar el beneficio y el daño a la sociedad y el medioambiente (Albagli, 1996; Matos, 2000). La difusión científica del museo realiza dos funciones:

- Una explicación y divulgación de lo que se expone normalmente se encuentra fuera de la enseñanza oficial;

- la otra es de no tener el propósito de la formación de especialistas o para hacer mejoras en áreas específicas de la investigación científica.

La idea formativa es completar la cultura de las personas fuera del campo de estudio en la escuela, fuera de la actuación en su campo de trabajo profesional, también con el objetivo de cumplir con una iniciativa de inclusión social y la iniciativa de la popularización de la ciencia para todos (López et al 2004; Moreira, 2006). Otra característica importante de la difusión científica de los museos de la ciencia, es la de que, sus espacios están diseñados en un gran formato para constituirse durante la visita, en un momento atractivo de entretenimiento y de la contemplación de los hechos científicos (López et al, 2004).

Los museos y centros de ciencia son espacios donde se trataron temas relacionados a condiciones sociales, culturales, históricas y éticas de conocimiento. Lo que se registró a través de un cuestionario aplicado a los profesionales (profesores investigadores), que trabajan hace mucho tiempo en los espacios de los museos, revela las siguientes características para este tipo de actividad (Cardoso, 2001): a) el museo como un combustible para el florecimiento de la difusión científica es la creencia de que la ciencia y la tecnología forma una base para organización de la vida humana. La ciencia promueve una cultura históricamente situada en un contexto social que afecta en la vida cotidiana de la civilización moderna, b) en un museo ocurre un efecto de respuesta a la comunicación en la ciencia, ya que el mundo de la ciencia y la tecnología que surgió con el capitalismo debe ser entendido, tiene que llamar atención sobre los peligros de la alienación y la falta de ética científica de la ciencia, c) un museo prima por observar y obtener el ser humano genérico en una forma de conciencia de grupo, o sea, la conciencia de un individuo que parte para preocuparse, con situaciones que afectan a la comunidad en su conjunto; d) en los museos aún no existe consenso definitivo entre ciertos términos importantes que describen su comportamiento, con la difusión, la divulgación científica, la alfabetización científica, incluso, a veces, habiendo una falta de preocupación por los aspectos conceptuales de estas cuestiones; e) la educación en ciencia debe tratar de estar más cerca de los fenómenos cotidianos, y buscar trabajar como una ciencia aplicada, que se utiliza de diferentes áreas, en las partes seleccionadas y consideradas adecuadas a la justificativa de los fenómenos que aparecen en la práctica de la difusión científica (ibid.).

Según Wagensberg (1998), un museo de ciencia en su modernidad es el pasa a promover los estímulos por medio de los objetos y fenómenos de la realidad mostrados en

sus exposiciones. Para cumplir con la promoción de estos estímulos dos principios deben ser considerados: uno relacionado con el hecho de que los estímulos que llevan a los científicos a crear cierto conocimiento son los mismos que deben facilitar la transmisión de este conocimiento a los visitantes; y el otro se refiere al método utilizado que favorece la transmisión de cierto conocimiento, es el mismo método utilizado por el científico en el desarrollo de este conocimiento. Una vez que estos dos principios adoptados como hipótesis de trabajo en la comunicación de los museos en el momento de la exposición, se debe proceder con una metodología objetiva inteligible, y dialéctica, que puede causar estímulos para el visitante frente al hecho científico (ibid.).

Según Wagensberg (1998), la idea básica de la difusión del conocimiento entre los visitantes pasa también por incorporar la metodología a la interactividad. En el sentido de que en la presencia de un experimento expuesto, las personas pueden vivir las emociones del científico en su proceso de descubrimiento. Esta intención requiere una estrecha proximidad entre los organizadores de estas exposiciones con los científicos que trabajan como investigadores activos. Hace algún tiempo que los museos de la ciencia tratan de promover la participación del visitante en una combinación de tres procedimientos interactivos a ser seguidos durante la visita: el del contacto manual con el equipo u objeto en exposición (también conocida como la interacción con manos) ; la interactividad mental delante del equipo u objeto manipulado (también conocida como *minds on*), que promueve un cambio claro en la relación entre el antes y el después de la forma en que vemos el mundo; y la interactividad de naturaleza emocional (conocido como *heart on* ) que debe impregnar todas las demás formas de interactividad, que es donde se puede estimular la liberación de el estado de ánimo del visitante. Una liberación emocional efectiva puede ser estimulada a partir de un enfoque científico que involucra aspectos culturales de lo que se está tratando. La búsqueda de los estímulos emocionales con la liberación del humor hace que el uso del arte de comunicar la ciencia se convierta en legítimo. Todo estímulo que deba ser promovido por el museo a necesita tomar como base una buena receta basada en la combinación de estos tres procedimientos para promover una total interactividad entre los grupos de visitantes que pasan a través de la exposición (ibid.).

De acuerdo con Pérez *et al* (2004), los principios establecidos por Wagensberg (1998) hacen que las exposiciones de los museos, cumplan los siguientes puntos: que los visitantes de los museos tengan por objetivo, crear incentivos a favor del conocimiento científico para formar opinión científica de los ciudadanos, en diálogos y debates en la

sociedad; que los museos sean lugares que sirvan a los intereses colectivos de los grupos e individuos que visitan; que en los museos, a partir de los siete años de edad, todos puedan visitar lo que se expone, ya que las exposiciones se basan en emociones y no, en el conocimiento previo; que los museos pueden promover el cambio conceptual en función de la historia de cada visitante (en función de intereses, conocimientos, capacitación, entre otros requisitos); que en el museo el elemento principal esté asociado al objeto expuesto, es la realidad, es decir, el fenómeno real; que en el museo la interactividad de los visitantes con el objeto puede ser: la excitación manual o emocional, inteligente o mental, e incluso cultural o por emoción cultural; que en los museos los estímulos causados al visitante sigan el método de enfoque científico que inspiró a los científicos; que en el museo la mejor metodología para imaginar, para dibujar el objeto de la realidad puede pertenecer a cualquier área de conocimiento y de la producción humana, desde que el método expositivo sea científico; que la visita al museo sea supervisada por un instructor o un contacto libre con el objeto; que el museo aborde temas que se parezcan más a la actividad de los museos, como un espacio de ciencia viva que muestra la historia y el fenómeno y no dejar de lado temas que podrían ser abordados por otros medios; que en los museos para la presentación y la reproducción de los objetos, haya un rigor museográfico que se le mantenga para preservar los valores, singularidades, las regularidades, entre otros valores y características que no pueden estar en conflicto o destorcer la idea científica para el hecho ; que el visitante del museo, independientemente de la edad sea tratado como un adulto, en todos los sentidos, de la misma forma , como se trata a una persona que tenga conocimiento científico (ibid.).

El museo es una forma de enseñanza que reúne, conserva y expone los rasgos materiales de la actividad humana en el Universo, que adoptan la forma de obras de arte, objetos insólitos, equipamientos, etc. La función de la visita es promover una idea, en principio, sobre el objeto en su totalidad antes de examinar sus partes constituyentes. Es importante pasar la visión del todo antes de estudiar las partes (Fonsignan, 1994, citado en Pérez et al, 2004). Así, el museo, en principio, procede por síntesis, antes de pasar al análisis. Contrariamente a lo que ocurre en un procedimiento de examen de un objeto en un libro de texto escolar, y por lo tanto el discurso del profesor, donde las partes parecen poco a poco para formar la visión de la totalidad (Pérez et al, 2004). Debe considerarse que, en la exposición del museo se encuentra un potencial considerable para el conocimiento en los diferentes niveles de escolaridad, lo que requiere diferentes maneras de organizar y proceder para poner en práctica las habilidades intelectuales de los estudiantes a partir de

las concepciones y creencias que trajeron (Allard et al, 1994; Bauer et al, 2000).

En la programación del museo un aspecto importante que se tiene que llevarse en cuenta, en los intereses de la promoción del aprendizaje, es que un buen diseño de una exposición de museo, se debe planificar con el fin de evitar la creación de una variedad muy grande de escenarios y situaciones que no se asocian o se complementan, que no se justifican como un punto de partida para una interacción (Gaspar y Hamburger, 1998). Por lo tanto, en la planificación de una exposición deben ser previstas actividades interactivas correlacionadas por un mismo tema dentro de un campo de estudio, como en el corte que hicimos en nuestra exposición, cuando optamos en investigar el tema de la energía.

El visitante en esta interacción debe sentirse libre para interferir con la exposición del orador, cuestionar lo que está en enfoque. Para ello, la primera decisión a tomar es acerca de lo que quiere comunicar y cómo (dentro de que estrategias), este diálogo podría traducirse en el comportamiento observado en el visitante, para evaluar si es realmente posible comunicar algo (Screven, 1976, apud Mora, 2005). Hasta donde este procedimiento de mediación, iniciado en la visita, alcanzó al visitante y lo que puede ser continuado por el profesor en la enseñanza de la asignatura en la escuela, que de alguna manera también ejercerá una función mediadora, a partir de la acción integrada. Vamos a acompañar esta acción mediadora del docente en la escuela, en este estudio.

La escuela por lo general no consigue mantener la realización de una enseñanza en que se establezca en el diálogo, entre el estudiante y el profesor, un proceso de ensayo y error. Busca sólo averiguar la capacidad del estudiante de propiciar la respuesta correcta de la manera propuesta por el profesor o contenida en los manuales. Sin embargo, cabe señalar que en la vida cotidiana no siempre encuentran respuestas únicas y precisas para el hecho científico. Siendo necesario explorar diferentes posibilidades de resolución que alimentan la reflexión, la investigación, lo que requiere la construcción de respuestas en lugar de buscar respuestas listas. Los museos buscan estimular este proceso, pero este enfoque de trabajo en la escuela implica cambios en la metodología de enseñanza (Pérez et al, 2004).

En cualquier propuesta de enseñanza-aprendizaje constructivista, la atención debe centrarse en el aprendizaje del individuo y no en el contenido del aprendizaje de la materia de la programación de la escuela. Esto significa que el enfoque del contenido de una exposición es el visitante y no el propio contenido establecido por el organismo regulador que administra la enseñanza oficial. Así, el conocimiento contenido en la agenda de la visita

debe estar condicionado a cuestiones que podrían despertar el interés en frente a las necesidades socio-económicas, culturales y ambientales que se relacionan a la forma de vida de quienes la visitan. La exposición en su organización debe tener en cuenta una base epistemológica y una base psicológica del aprendizaje. La planificación de la exposición debe responder a la disponibilidad de potencial de retención de los visitantes, para luego aprovechar al máximo la capacidad de estímulos de los objetos expuestos. La propuesta de enseñanza en el museo debe tener en cuenta que el aprendizaje es un proceso idiosincrásico, que los métodos son utilizados por el individuo, con la responsabilidad aún, de dar cabida a lo que está expuesto a la perspectiva de aprendizaje de todas las edades, de acuerdo a la capacidad de percepción de cada uno (ibid.).

### **3.2. La Psicología Educacional del aprendizaje significativo.**

En esta sección se discuten algunos aspectos de la teoría de aprendizaje significativo ausubeliana que consideramos necesarios para ser utilizado como referencial teórico en la interpretación de los resultados que estamos investigando y como base para la organización secuencial del contenido de energía en la programación didáctica de esta investigación. La teoría del aprendizaje significativo iniciado por Ausubel, en el curso de su historia, debido a la aceptación de sus ideas, cada vez más se está incorporando en las diferentes áreas de la educación. Lo que ha llevado a tener la contribución de otros autores en su interpretación, para tener en cuenta y distinguir los puntos más relevantes de esta teoría, en establecer relaciones con otras teorías y para invertir en su expansión, visto que la misma está sirviendo de base para el desarrollo de nuevas teorías (Ausubel et al, 1978; Cañas, 1977; Moreira y Masini, 1982; Moreira y Buchweitz, 1987; Novak y Gowin, 1988; Moreira y Buchweitz, 1993; Novak, 1998; Moreira: 1999-a; 1999-b; 2000, 2003, 2005, Greca y Moreira, 2003; Pozo, 2003; Moreira, Cabalero, y Palmero, 2004). El aprendizaje según el punto de vista cognitivista significa, organización e integración de material didáctico en la estructura cognitiva, es decir, la estructura cognoscitiva que existe en la mente del individuo en la que esa organización e integración se llevan a cabo. La estructura cognitiva se define como un complejo organizado de ideas en la mente del individuo. La comprensión de la nueva información usada para resolver un problema, depende de la amplitud con que se proporciona una base de ideas en la estructura cognitiva del alumno (Moreira y Masini, 1982; Moreira, 1999-a).

El aprendizaje no es una propiedad extensiva de la enseñanza, por más eficaz que sea. La enseñanza es sólo una condición que puede influenciar en el aprendizaje, entre otras variables, tales como la predisposición y la preparación cognitiva (significa que la mente está lista en las propiedades fundamentales y organizacionales de conocimientos específicos ya previamente adquiridos, relevantes para la asociación de nuevos conocimientos). Pero debe ser tomado en cuenta que la finalidad de la preparación de la enseñanza, es la facilitación del aprendizaje. El acto de la enseñanza no puede encerrarse en sí mismo, ya que, la finalidad de la enseñanza es el aprendizaje, aunque otros factores interfieren y tendrán que ser considerados (Ausubel et al, 1980, p. 25). La enseñanza es eficaz cuando se pueden manejar algunas variables psicológicas que regulan el aprendizaje. El uso de una adecuada teoría del aprendizaje que involucra a las variables psicológicas, es una condición necesaria pero no suficiente para el perfeccionamiento de una metodología de enseñanza que desea utilizar. Así principios básicos de la enseñanza se pueden extraer de las experiencias vividas en la construcción de la teoría del aprendizaje escolar. Pero incluso sabiendo lo que puede causar un aprendizaje no quiere decir que podemos controlar a través de una actividad de aprendizaje en particular. Según Ausubel, aunque el conocimiento de la causa no implique en una descubierta inmediata de los procedimientos de control, una causa se convierte en una referencia importante en la búsqueda de procedimientos de enseñanza (ibid., p. 14). En la interacción Usina Ciencia-Escuela estamos proponiendo como una actividad de enseñanza una programación didáctica de presentación de la exposición de experimentos de este Centros de Ciencias, para ser asociada a la programación de la asignatura de Física/Ciencias de la escuela. El procedimiento propuesto para la enseñanza prevé causar resultados favorables, que dependerá del control que pueda existir en una acción integrada, para promover el aprendizaje con significados de los contenidos incluidos en la programación. En este sentido vamos, a continuación, buscar mostrar cómo la teoría ausubeliana ve el aprendizaje en la educación escolar.

Según Ausubel, el aprendizaje en la escuela puede tener dos dimensiones independientes: ser significativo-mecánico y ser receptivo-descubierta. De esta manera, sea por recepción o por descubierta el aprendizaje puede ser significativo. En el aprendizaje receptivo, el contenido principal de la asignatura es meramente presentado o entregado al estudiante y exigido que se relacione activa y significativamente este contenido a los aspectos relevantes del conocimiento que ya figuran en su estructura cognitiva. En el aprendizaje por descubrimiento, el contenido principal de lo que debe ser aprendido debe ser descubierto, antes de ser asimilado por los aspectos relevantes contenidos en la

estructura cognitiva (no debiendo ser presentado o entregado antes al estudiante). Pero ni el aprendizaje por descubrimiento (que incluye tanto la formación de conceptos y resolución de problemas), o el aprendizaje receptivo pueden ser considerados como algo absolutos. Dado que la metodología de la educación escolar para el efecto del aprendizaje se puede encontrar tanto bajo una base mecánica-significativa, cuanto bajo una base receptivo-descubrimiento (Ausubel, 1980, p. 1-2). A su vez, Ausubel establece una diferenciación entre el aprendizaje por recepción de aprendizaje por descubrimiento, afirmando que, gran parte de la información obtenida por el estudiante en la escuela y más allá es por el descubrimiento. Y a pesar de sus diferentes razones, también presenta una distinción de carácter más decorativo entre el aprendizaje memorístico del aprendizaje significativo (debido a que pueden formar parte de un proceso continuo: a partir de un aprendizaje inicial de tipo mecánico puede trabajarse para la adquisición de significados). La gran cuestión de la educación escolar es que la mayor parte del material de aprendizaje es presentado verbalmente por el profesor; y el aprendizaje verbal-receptivo puede ser de carácter significativo o de carácter mecánico. A su vez, esta teoría predice que el estudiante pueda desarrollar un aprendizaje significativo, incluso sin una vivencia con una experiencia previa de las enseñanzas verbales del profesor (por sus propias iniciativas para el descubrimiento) y también sin el uso de una vivencia con un aprendizaje mecánico inicial para resolver problemas (ibid., p. 20).

Otro aspecto del aprendizaje receptivo (mecánico o significativo) es que todo el contenido de la nueva información se presenta a los estudiantes en su forma final, que no impliquen ninguna tarea con independencia del descubrimiento por parte del alumno, sino el acto de incorporar o internalizar el material programado para la enseñanza. Esto ocurre con la atribución de significado cuando la recepción consiste en un material que es potencialmente significativo para el estudiante. De lo contrario, el proceso de internalización para la retención se produce en el simple proceso de aprendizaje mecánico (ibid., p. 20-22).

Normalmente se hace una gran confusión en las discusiones sobre el aprendizaje escolar, cuando no quiere reconocer que el aprendizaje mecánico y significativo no es completamente dicotómico. Aunque sea cualitativamente discontinua en relación a los procesos psicológicos subyacentes que interfieren en cada uno, no pueden ser considerados como polos opuestos en el proceso continuo, como ocurre en la retención. Puede así haber una transición de un aprendizaje memorístico a un aprendizaje significativo. Que, según

Ausubel, puede ocurrir a través de dos tipos de aprendizaje intermediarios concomitantes: por una recepción y por descubrimiento, que comparten algunas propiedades, tanto para la generación de mecanismo como en la atribución de significados. De esta manera, el aprendizaje receptivo y aprendizaje por descubrimiento se encuentra en dos límites que no pueden ser considerados como opuestos, y pueden ser recorridos de forma continua, tanto hacia el aprendizaje mecánico como hacia el aprendizaje significativo. Esta calificación que existe en la ruta a ser seguida por el aprendizaje memorístico para un aprendizaje significativo se acentúan aún más la distinción que debe hacerse entre el aprendizaje por recepción y el aprendizaje por descubrimiento, teniendo en cuenta que el enfoque de la perspectiva ausubeliana es el aprendizaje con la atribución de significados (ibid.).

En la primera fase del aprendizaje por descubrimiento, el alumno debe reagrupar e integrar las informaciones existentes en la estructura cognitiva. Para posteriormente, reorganizar y transformar lo que se ha integrado de tal manera que conduzca al producto final deseado de descubrimiento. Cuyos significados fueron extraídos de una relación entre medios y fines, inicialmente no coincidentes. A pesar del aprendizaje por descubrimiento ser bastante diferente del aprendizaje receptivo, incluso en el papel que representa para el desarrollo intelectual del estudiante, hay cierta superposición de funciones. En relación al hecho de que los conocimientos adquiridos por recepción, también pueden ser utilizados para resolver problemas de programación en la escuela. Sabemos que gran parte del programa académico de la escuela se lleva a cabo mediante la recepción verbal que no necesariamente incorpora el aprendizaje por descubrimiento. Sin embargo, el descubrimiento consiste en la adquisición de conceptos y generalizaciones retenidas de manera significativa, sin la necesidad de una previa experiencia en la solución de problemas. Ante este hecho, el aprendizaje por descubrimiento debe utilizarse también en la escuela en una superposición de funciones con la recepción. Con el fin de ampliar, aclarar, integrar, probar, la comprensión que se tiene de los materiales didácticos utilizados (ibid., 20-22).

Según Ausubel en situaciones experimentales controladas en el aprendizaje por descubrimiento puede proporcionar “*insight*” al método científico utilizado y también puede conducir al descubrimiento de conocimiento ya establecido. Teniendo en cuenta el proceso psicológico de aprendizaje, una descubierta significativa es, obviamente, más complejo que se obtengan de que la recepción de manera significativa. Dado que se trata de una experiencia previa en la solución de los problemas antes de brotar una retención con

significados. Sin embargo, según Ausubel, el aprendizaje por recepción a pesar de ser fenomenológicamente más simple que el descubrimiento, paradójicamente, surge de una etapa más avanzada del desarrollo cognitivo. En sus formas verbales puras y más complejas irá implicar en un mayor desarrollo intelectual de madurez cognitiva (ibid.).

El estudiante en la vivencia con las visitas programadas a la exposición y con la programación de la asignatura escolar a pesar de ser más influenciado por una actividad de aprendizaje receptivo durante la visita él tendrá la disponibilidad para interactuar con el acervo experimental lo que podrá ayudar a descubiertas. En nuestra realidad de enseñanza receptiva practicada por la escuela local vamos a encontrar un aprendizaje más centrado en un simple proceso de aprendizaje mecánico. Lo que exigirá de la colaboración con la escuela, un cambio en su procedimiento académico, que debe tener en cuenta los principios teóricos del aprendizaje significativo, que abordaremos a seguir.

La idea central de esta teoría es que el nuevo conocimiento, sólo adquiere sentido, a partir de la interacción con conocimientos ya establecidos en la mente del estudiante que traigan significados. Lo que requiere *subsunores o subsumidores* apropiados, más algunos elementos de inferencia con capacidades de enfrentar y dar significados para la nueva situación (la palabra subsunor o subsumidor es un intento de españolizar la palabra *subsumer* del idioma Inglés). Con la interacción, no sólo, el nuevo conocimiento adquiere significados, así como el conocimiento ya existente, usado como medio de anclaje (que sirvió de base), es mejorado y recibe nuevos significados. En la perspectiva de aprendizaje conceptual, podríamos decir que los nuevos conceptos sólo adquieren significados a partir de la existencia, de una base conceptual más elemental necesaria, seleccionado por la mente, según los principios de súper-ordenación y subordinación en la estructura cognitiva del individuo, de modo que, que el nuevo concepto sea potencialmente significativo a esta base (Ausubel y col., 1976, Moreira, 1999-a). Por otro lado, Ausubel sugiere que, con el aprendizaje significativo del nuevo concepto, habrá reformulación o la mejora de los conceptos existentes que fueron utilizados, que pueden tener nuevos significados (Ibid.).

Según Ausubel, en el aprendizaje significativo en el único factor aislado que más influye en el aprendizaje, es lo que el estudiante ya sabe, es decir, tiene a su disposición cuando sea necesario para esclarecer un hecho nuevo. Así que esa base de conocimientos previos necesita ser tomado en cuenta y ser enseñada de acuerdo a la misma. Por lo tanto, una nueva información precisa relacionarse con los aspectos pertinentes de una estructura conocimientos específicos ya existentes en la estructura cognitiva llamada subsunor o

concepto subsunor. El aprendizaje significativo se produce cuando la nueva información se basa en conceptos y proposiciones (que en Física consisten, en leyes, en principios, en relaciones y en definiciones pertinentes), que preexisten en la estructura cognitiva del aprendiz (Moreira, 1999-a). En ausencia del subsunor no se puede atribuir significados a las nuevas ideas y la única alternativa es utilizar el aprendizaje mecánico, una manera de retener conceptos y proposiciones, sin tener la capacidad inicial para atribuir significado a lo que aprende. El aprendizaje mecánico puede ser el comienzo de un proceso de aprendizaje cuando no hay subsunores. Sin embargo, con el sentido de una preparación para ir se formando progresivamente subsunores adecuados. Cuando no existe una estructura cognitiva adecuada a cierto conocimiento: ¿De dónde vienen los primeros conceptos subsunores? La respuesta a esta pregunta podría tener raíces en el desarrollo cognitivo inicial de los niños al empezar la escuela y en el día a día un proceso de formación de los primeros conceptos, que se derivan, ampliando y mejorando el marco conceptual, de la infancia a la adolescencia, hasta llegar a la etapa adulta del desarrollo intelectual del sujeto (ibid.).

Durante la vida escolar del alumno, no habiendo subsunores adecuados al aprendizaje significativo de nueva información, Ausubel recomienda el uso de organizadores previos como un intermediario entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber. Son materiales de instrucciones introductorios a los nuevos contenidos, desarrollados de manera que puedan interactuar con los subsunores existentes, para auxiliar en la formación de una base de conocimientos necesarios que promueva la retención significativa de la nueva información (ibid.). Una preocupación que fue necesaria que existiera en este estudio, para ser considerada en una preparación anterior a la visita al Centros de Ciencias. En razón de la asimilación a los fundamentos teóricos asociados con los fenómenos mostrados en la exposición de experimentos. El programa de enseñanza basado en estos experimentos tiene que constituirse en un material potencialmente significativo, durante la visita y en la continuidad de la discusión en la educación escolar.

La formación de conceptos en la teoría de David Ausubel, pasa por noción (concepto) de un aprendizaje significativo de un contenido de estudio. Los conceptos son vistos como elementos unitarios que desempeñarán un papel clave, ya que a partir de una composición conceptual en una sentencia, es que se establece el proceso de asimilación de una nueva idea (Greca, Moreira, 2000, p. 49-53). Para Ausubel, el hombre vive en un mundo de conceptos en lugar de un mundo de objetos, que a menudo, requieren el uso de

criterios abstractos para categorizar las cosas en el mundo. Como abstracciones, los conceptos representan sólo una de las formas posibles de ver el mundo y de establecer la existencia de lo real. En términos psicológicos, sin embargo, tenemos que creer que los conceptos son la expresión de lo real, ya que son adquiridos, percibidos, comprendidos, manipulados, universalmente, independientes de la cultura de cada uno de ellos como si fueran sus propios objetos y eventos en el mundo. Para Ausubel, "*conceptos son ideas categóricas o unidades genéricas, representadas por símbolos únicos, así como ocurre en otros referentes unitarios*" (ibid.). La palabra es la expresión del concepto no simplemente como símbolo, y sí a través del aprendizaje significativo representacional del concepto que ella representa. Es sólo a través de composiciones conceptuales (y no sólo palabras), que se obtienen a partir de una proposición, un aprendizaje significativo proposicional de algún fenómeno (un concepto más general que va a envolver conceptos más básicos) (ibid.).

En el desarrollo de la estructura cognitiva de los individuos, Ausubel sugiere que hay dos maneras de aprender los conceptos: por *formación* de conceptos y *asimilación* de conceptos. La formación se caracteriza por ser una formación espontánea, por el descubrimiento, sin una orientación definida, ya que comienza en la pre-escuela, y alcanza al individuo en la fase adulta de la formación escolar; se produce a través de la *inducción* de ideas genéricas desarticuladas adquiridas por experiencias *empírica-concretas*. La *formación* conceptual involucra procesos psicológicos primarios que aún no se manifestaron claramente, como la abstracción, la discriminación, la diferenciación, la generalización, entre otros (Ibid.). Ya la asimilación conceptual requiere que la nueva información conceptual sólo puede ser enseñada en la escuela con la existencia de una base de conceptos subsunores adecuados (Ausubel, 1983, p.91). Esta base consiste en algo más que pre-requisitos en conocimiento de conceptos más elementares, por también necesitar un dominio potencialidades cognitivas en procedimientos y actitudes, para relacionar estos conceptos a la nueva información. Llevando en cuenta lo que ya hemos presentado hasta este momento sobre el aprendizaje significativo, queremos añadir que el proceso de adquisición de conocimiento de una nueva información en esta teoría, precisa también llevar en cuenta los procesos de diferenciación progresiva y de reconciliación integradora, como veremos a seguir.

Con la relación a la "teoría de asimilación " del aprendizaje significativo, ocurre que la nueva información (**a**) necesita interactuar con el conocimiento preexistente (**A**). Para ello, el concepto o proposición (**a**) para efecto de enseñanza-aprendizaje, necesita ser

presentado por un recurso de instrucciones, que sea potencialmente significativo (Ausubel et al, 1980, p.56-58; Moreira, 1999). Para que pueda ser asimilado bajo la influencia de una idea o conceptos ya existentes en la estructura cognitiva (**A**), que puede servir como una base en la atribución de significados. Esta es la razón por la que se afirma que, el factor aislado que más influye en el aprendizaje es aquello que el alumno ya sabe. Por esta razón, es recomendado que sea preciso detectar antes, la existencia de subsunsores adecuados, para que se pueda enseñar esperando la atribución de significados científicos. Por lo tanto, para que ocurra el aprendizaje significativo es necesario conocer antes lo que pasa en la mente de las personas, es decir, si los subsunsores son o no adecuados (Moreira, 1999-a). Por esta razón, planteadas las dificultades de los alumnos, debe haber una etapa inicial de preparación (a la que nos referimos en este estudio para la integración de la visita a la exposición con la programación de la asignatura escolar).

Para atender a lo que denominamos de primera etapa del proceso de asimilación, debemos efectuar en la práctica, la interacción pretendida entre los contenidos (**a x A**). Existiendo en la primera etapa condiciones para que este anclaje se produce, en una segunda etapa, se iniciará el proceso de asimilación que resultará, como el producto de esta interacción en (**A' x a'**). Ausubel admite que hay un período de tiempo inicial de acomodación en que el conocimiento contenido en el producto de interacción debe ser considerado como indisociable. Lo que debe cambiar en la secuencia de la segunda etapa, en la que se diferencia, tanto el significado de la nueva información que sufre interferencia de las concepciones previas del sujeto, pasando a ser simbolizada por (**a'**), cuando se califican los conceptos subsunsores, que en su mayor amplitud, puede ser simbolizado por (**A'**). Así en el producto de la interacción iniciado en la primera etapa, son cambiados en la segunda etapa, tanto la nueva información como los subsunsores utilizados, pueden ser vistos como dos elementos disociables relacionados en un mismo conjunto (**A 'a'**).

De esta manera, debe entenderse que durante la segunda etapa estos dos elementos pueden ser disociados cuando sea necesario en (**A' + a'**). Lo que puede ser representado esquemáticamente por una relación biunívoca entre la condición de ser asociado con el de ser disociados: (**A'a'**) ↔ (**A' + a'**). A pesar de la retención de los conocimientos adquiridos (**a'**) ser favorecida en el proceso de asimilación significativa, la nueva información aparece sólo siendo disociada de los subsunsores modificados (**A'**), en esta etapa intermediaria del proceso de asimilación. Encerrada la actividad escolar de este contenido, la disociación aun puede ocurrir por un periodo de tiempo que puede variar de

persona a persona. Lo que nos lleva a considerar en la secuencia del proceso de asimilación, una tercera etapa, donde el contenido retenido en nuestra mente ( $A'a'$ ), ya no va a ser disociada en ( $A' + a'$ ). Un hecho que se produce en razón de nuestra mente estar sujeto a una influencia erosiva con una tendencia reduccionista en la organización de las ideas en la estructura cognitiva (Moreira, 1999 a).

Como resultado de este olvido natural que se produce en nuestras mentes, Ausubel propone una nueva etapa en el proceso de asimilación, donde se tiene comienzo a una asimilación obliteradora, que aquí denominamos de tercera etapa. Se trata de una etapa de olvido en este proceso, donde la nueva información retenida ( $a'$ ) se va tornando espontáneamente menos disociable de su idea-anclaje, es decir, los subsunores modificados ( $A'$ ), y la mucha información se va borrando de nuestras mentes en relación a la composición atingida en la segunda etapa ( $A'a'$ ). Una realidad en nuestra capacidad de retención cognoscente, pero que tiene que resultar en una estructura cognitiva simplificada en relación al contenido trabajado. De esta manera, cuando llega al grado de disociabilidad nulo, pasa a existir una composición de algunas ideas previas con algunas ideas nuevas, en un nuevo conjunto simplificado de los elementos indisociables, estamos aquí representando por ( $A'' a''$ ). Debiendo al final de esta fase de olvido en esa teoría, permanecer retenido simplemente un subsunor modificado que aquí estamos representando por ( $A''$ ), y lo que es considerado como residuo de contenido, en la fase de asimilación obliteradora (ibíd.).

El pragmatismo de esta teoría asimilativa señala rutas de asimilación a un proceso de enseñanza-aprendizaje que busca ser eficiente. Esto requiere el establecimiento de un proceso de enseñanza, que sea efectuado con la preocupación de tener en cuenta las limitaciones de nuestra capacidad mental para retener conocimientos. Debemos así estructurar un programa de educación, teniendo en cuenta un procedimiento que apunte una forma más estable en la atribución de significados y que también conduzca al desarrollo de potencialidades cognitivas. Cuando el aprendizaje es significativo, incluso cuando el contenido no está más en uso, no debe existir un olvido del todo, permaneciendo con el tiempo, un subsunor modificado ( $A''$ ). Que, posteriormente, en otro período de la vida, en una retomada para una reutilización de estos contenidos, en un proceso de revisión, además de la misma ser facilitada, va a promoverse la atribución de nuevos significados. La madurez adquirida y las capacidades cognitivas desarrolladas durante la etapa de aprendizaje permitirán alcances mayores. En síntesis todo el proceso aquí descrito podría ser esquemáticamente resumiéndolo a través de un diagrama compuesto de tres etapas

asimilativas (separados por la flecha ►):

$$(a)+(A)\rightarrow(a \times A) \blacktriangleright (A' \times a')\rightarrow(A'a')\leftrightarrow(A' + a') \blacktriangleright (A'a')\rightarrow(A''a'')\rightarrow(A'')$$

Frente a los objetivos de buscar de aumentar la eficacia de la enseñanza a partir de la visita de los alumnos a la programación de los experimentos de la exposición, que fue considerada como la nueva información (**a**). Y en la que buscamos asociar la programación escolar para ser detallada y complementada en sus fundamentos. Así, fue efectuada una composición de acciones para trabajar con los estudiantes, la nueva información en este estudio, dentro del propuesto pela teoría de la asimilación. Para que la visita a la exposición tuviese andamio en la programación escolar, como un material de aprendizaje potencialmente significativo entre los estudiantes visitantes, los subsunsores (**A**), tendrían que ser apropiados. Estos elementos anclados serían encontrados en la formación anterior de interés relacionada a la nueva información y en la fase de preparación en la escuela para atender a las visitas. El punto de partida en la escuela, es el de generar subsidios a la incorporación de la nueva información presentada durante las visitas. Después de la visita, la nueva información precisa ser complementada y alcanzar la madurez en la escuela. En una acción integradora de contenidos para llegar a (**A'a'**), se está planificando en este estudio que ocurra una retroalimentación interactiva durante tres sucesivas idas y vueltas entre la escuela y el Centro de Ciencia.

Sin embargo, nuestro objetivo en el seguimiento y la evaluación de los grupos escolares investigados es llegar a la segunda etapa del proceso de asimilación, donde habría el producto de interacción diferenciado esquemáticamente por: (**A'a'**)  $\leftrightarrow$  (**A' + a'**). Sería el plazo previsto de esta investigación hasta donde podríamos tener el control del campo, donde se llevó a cabo el estudio e iremos evaluar los significados y la madurez adquirida. Ya que, no estaba previsto en nuestra propuesta de investigación acompañar a los dos grupos escolares en una etapa posterior, cerrada a la acción integrada. Sin embargo, teniendo en cuenta la programación a ser trabajada, podríamos extraer algunas reflexiones especulativas de lo que podría quedar como residuos entre las ideas más generales e inclusas en el cuerpo del contenido trabajado. Concomitante, estaríamos desarrollando las capacidades cognitivas en procedimientos, actitudes y valores relativos al tema, lo que podría ser retenido en el subsunsores residuo modificado (**A''**).

El proceso de asimilación condiciona y trae subsidios a los diferentes tipos de aprendizaje propuestos en el aprendizaje significativo: la subordinada, la súper-ordenada, y

la combinatoria (Ausubel *et al*, 1980, p. 48-50). La del tipo subordinada se produce cuando la nueva información adquiere significados que están subordinados a la interacción con la base de conocimiento específicos pre-existente, es decir con subsunsores apropiados. Ya la del tipo súper-ordenado se produce cuando el material de enseñanza es potencialmente significativo (en conceptos y proposiciones), presenta un carácter más general y amplio que las ideas o conceptos establecidos anteriormente, en la estructura cognitiva que servirá como subsunsores a la nueva información. Los subsunsores necesariamente en este caso son instancias más específicas a la nueva información súper-ordenada de carácter más general e inclusivo. En cuanto al tipo de aprendizaje combinatorio es una propuesta intermedia a los aprendizajes anteriores visto que, la nueva información guarda una relación que puede ser de subordinación o súper-ordenación con los subsunsores. Sin embargo, estos subsunsores no pueden ser visto como conceptos específicos o proposiciones, cuando se trata de una base de conocimientos más amplios y pertinentes que debe existir en la estructura cognitiva para que la retención del contenido. La nueva información sólo va a ser potencialmente significativa, si la misma es relacionable a la estructura cognitiva como un todo, de una manera general. En que no cabe apenas en esta base existir una lista de especificidades para garantizar el proceso de retención. Para una mejor comprensión de la función del aprendizaje subordinado, súper-ordenado y de la combinatoria, en el aprendizaje significativo es necesario asociar los procesos, la de diferenciación progresiva y la de reconciliación integradora (ibid.).

En un programa de enseñanza, una nueva información que abarca conceptos y proposiciones, necesitará de un proceso de interacción y anclaje inicialmente subordinado al conocimiento previo, que figura en la mente del sujeto que aprende. En la continuación de la enseñanza, la retención de lo que se va colocando por la programación, lleva a una diferenciación progresiva de los conceptos y proposiciones de los subsunsores utilizados en el anclaje. Esta diferenciación progresiva se encuentra casi siempre presente en un aprendizaje subordinado a los subsunsores adecuados. A su vez, tanto en el aprendizaje súper-ordenado cuanto en el combinatorio, suceden muchas veces que, las ideas ya existentes en la estructura cognitiva pueden en el curso de nuevos aprendizajes ser reconocidos como relacionables por influencia de la retención de la nueva información contenida en la programación educativa. Así que, al mismo tiempo en que, se adquiere nueva información, los elementos antes percibidos como entidades aisladas de naturaleza más específica ya existente en la estructura cognitiva deben reorganizarse y adquirir nuevos significados. Se trata de la reconciliación de elementos preexistentes en la estructura

cognitiva con el aprendizaje de la nueva información, lo que Ausubel llama reconciliación integradora. Así, un programa de educación al mismo tiempo que requiere una mayor diferenciación progresiva que atañe a un aprendizaje subordinado, también pide una reconciliación integradora que está más relacionado al aprendizaje súper-ordenado y a la combinatoria. Todo aprendizaje, antes de dar lugar a una reconciliación integradora, entre proposiciones y conceptos más generales e inclusivos, con los más específicos, pero antes necesitará que sea efectuada una diferenciación progresiva de conceptos y proposiciones, que en principio sirvió como base. Por esta razón, los subsunsores también participaron en la programación de enseñanza con preocupaciones amplias. Estos aspectos relativos a la diferenciación y a la reconciliación en el aprendizaje están bien definidos en el enfoque propuesto para la construcción de mapas conceptuales. Que se consideran como una herramienta de evaluación, cuando se lleva en cuenta el marco teórico del aprendizaje significativo (Novak, 1991; Fermín, et al, 1992). En este estudio, los mapas conceptuales hacen parte del sistema de evaluación utilizado, para verificar el dominio de la estructura conceptual del contenido sobre energía.

La diferenciación progresiva y la reconciliación integradora se vinculan de manera que toda vez que existir una reconciliación debe existir antes una diferenciación. Según esta teoría, la diferenciación progresiva consiste en un "principio programático" de la materia de enseñanza. Por esa razón es que esta teoría recomienda en la organización de un programa educativo, que las ideas (principios, definiciones, conceptos, relaciones) considerados más generales e inclusivos, debe ser presentado desde el comienzo de la instrucción. Para después ser progresivamente diferenciado en detalles y especificidades. Para ello, Ausubel formula dos hipótesis para estructurar un programa de educación. Una hipótesis se refiere a que el aprendizaje, se hace menos difícil cuando las personas inicialmente incorporan los aspectos diferenciados de un todo más inclusivo previamente dominados, que llegar al todo a partir de las partes diferenciadas previamente aprendida (que le da más posibilidades de una retención significativa, con adquisición de una mayor madurez sobre lo que se está estudiando). La otra hipótesis se refiere a que, la organización de los contenidos en la mente del individuo es una estructura jerárquica en la que las ideas más generales e inclusivas se encuentran en la parte superior y luego, gradualmente, incorporar hechos, conceptos y proposiciones menos inclusivas y más diferenciadas. Cuanto a la reconciliación integradora es vista como un "principio de instrucción" en el sentido de que el cuerpo de un contenido se debe explorar las relaciones entre las ideas, señalando las diferencias y similitudes entre ellas, y aun así tener en cuenta en las relaciones entre ellas

que se debe tratar de reconciliar las discrepancias reales o aparentes existentes (Ausubel et al, 1980).

Tratamos de incorporar estas ideas en los procedimientos que utilizamos en las estrategias didácticas de presentación de la exposición. Donde está planificada una comparación entre los experimentos en los que aparecen similitudes y diferencias, y puede llevar a cabo un proceso de diferenciación y la reconciliación en las relaciones entre los conceptos involucrados en los fenómenos. Este proceso de instrucción de diferenciación y la reconciliación requiere organizar la programación educativa "subiendo y bajando" en la estructura conceptual jerárquica de los contenidos desde el momento en que la nueva información se presentará. Como puede verse, esta teoría ve el almacenamiento de información en el cerebro humano como algo que necesita ser altamente organizado. En que precisa ser formada una relación conceptual jerarquía (Moreira, 1999a).

Los conceptos también son considerados como elementos importantes en la teoría de la asimilación, cuando es necesario utilizar el conocimiento para dar una solución creativa a problemas relacionables. Los conceptos propios que figuran en la estructura cognitiva de las personas se constituyen en la "materia prima" para la generalización de las proposiciones significativas en la solución de problemas. Sin embargo, son atributos esenciales de carácter abstracto comunes a una clase de objetos, fenómenos o eventos que necesitan ser identificados, descritos, resueltos. Independiente de la diversidad de otras dimensiones que puedan existir entre los miembros que componen cada categoría de problemas, los conceptos deben ser compartidos por todos los miembros que figuran en él (Ausubel et al, 1980, p. 72). Un conjunto de experiencias que se inicia en la clasificación y categorización de los objetos y eventos, y va hasta la solución de los problemas, induce idiosincráticamente al individuo a ir formando conceptos generales. De tal manera que en la última etapa del proceso de adquisición de conceptos, el individuo será capaz de establecer una equivalencia representacional entre lo que simboliza el sentido genérico del concepto (la palabra), y el contenido cognitivo manifestado por él. Antes de todo un recorrido que comienza en la niñez, llegando a la adolescencia y alcanzando la edad adulta, el individuo es incapaz realizar un histórico de los pasos específicos que lo llevaron a un aprendizaje representacional de conceptos (ibid., p. 81).

Los conceptos sólo alcanzan niveles más complejos de abstracciones en etapas más avanzadas de desarrollo cognitivo (en relación a la adquisición de los conceptos científicos se podría asumir que es una fase que debe ser iniciada más efectivamente en los últimos

seis años de la enseñanza básica). Cuando se debe ir, también, pasando a mostrar una mayor precisión y diferenciación de otros conceptos próximos, una vez que empiecen a ser adquiridos, más por un proceso de asimilación que por la simple formación de conceptos (más propio de la infancia). La adquisición por asimilación abarca experiencias quitadas del cotidiano, en un nivel de sofisticación superior, en relación a los componentes de los procesos psicológicos del pensamiento (Ibid., p.73-77).

Sin embargo, en la retención de los conceptos entre individuos de diferentes niveles de madurez cognitiva, los significados no son necesariamente los mismos. Se inicia con significados vagos, globales, difusos, imprecisos, culturalmente estandarizado, que pasan por un proceso de madurez intelectual, dejando de ser conceptos más simplificados para ir progresivamente volviéndose más amplio (ibid., p. 73). Debemos tener en cuenta que una representación categórica y esquemática de la realidad, aun que sean de carácter global o simplificado, cuando se ponen en práctica por formación o asimilación de los conceptos sólo es posible por el proceso facilitador central a la adquisición de significados traídos por el lenguaje. El dominio adecuado del lenguaje, a pesar de la influencia cultural existente en cada organización social, facilita cualquier que sea el proceso de adquisición de conceptos y combinaciones proposicionales que se produjeron entre ellos (incluso el lenguaje no siendo considerado una condición necesaria ni suficiente a la adquisición de conceptos) (ibid., p. 86-87).

En el desarrollo de la adquisición de conceptos, una de las tendencias más importantes, es una modificación gradual de una base de pre-categoría o concreta, incluso, para una base categórica de experiencia clasificatoria del individuo en el que también incorpora la naturaleza abstracta en la atribución de significados genéricos (observando que el desarrollo de los conceptos, no parte necesariamente subordinado de lo concreto o pre-categoría para el abstracto o categórico de naturaleza súper-ordenada) (ibid., p. 89-90) En este sentido, una de las principales funciones de los conceptos abstractos que ya figuran en la estructura cognitiva, por proceso de asimilación significativa, es el de facilitar la adquisición de nuevos conceptos y proposiciones, realizando una categorización en la que percibimos en las experiencias vividas, efectuar asociaciones conceptuales contenidas en las preposiciones y actuar para resolver los problemas (ibid., p. 79). Respetando las etapas del desarrollo cognitivo la escuela trata de trabajar en la adquisición de conceptos científicos por la asimilación significativa. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, incluso por la asimilación, los conceptos adquiridos idiosincráticamente por los individuos en la

asignatura de la escuela puede ser sustancialmente diferentes de los conceptos científicos que se están trabajando (ibid., p.85).

Por lo tanto, en la estructuración de nuestro programa de enseñanza sobre Energía, las ideas más generales e inclusivas del cuerpo del contenido utilizado, que tiene como enfoque las relaciones y las transformaciones de energía. Así que, desde el principio, busca tratar del principio de conservación de energía y el de la eficiencia y del sentido con que ocurren las transformaciones. Para después progresivamente en la jerarquía ir conectándose a los detalles y especificidades científico-tecnológicas del conocimiento sobre la generación de energía eléctrica. Implicando en los fenómenos: de la inducción electromagnética, del electroquímico de pilas y baterías y de las células solares fotovoltaicas, y aún albergaba el fenómeno de la electrificación en la generación de energía electrostática, para cerrar una clase de experimentos sobre diferentes formas para producir electricidad. Para después tratar de otra clase de experimentos sobre la transferencia de energía relacionada al calor (que sigue incorporando los principios más generales: de la conservación y de la eficiencia), sino que también implicaba un conocimiento específico científico - tecnológico sobre la transmisión de calor por irradiación solar y el efecto invernadero.

La investigación en enseñanza de las ciencias, los problemas en sus estudios, ha estado tratando de analizar cómo se estructura la producción del conocimiento humano relacionando los dominios conceptuales y metodológicos (que figura en las teorías cognitivas de aprendizaje). Esta investigación buscó siempre que fuese posible tener en cuenta la práctica del profesor y la realidad de la clase. Sin embargo, a pesar de varias décadas de investigación en esta área en una perspectiva filosófica de un aprendizaje cognitivo-constructivista, la práctica académica de los proyectos pedagógicos escolares siguen siendo predominantemente, en un contexto de enseñanza informativa y conductista, que normalmente, ha contribuido poco para guiar al estudiante para un aprendizaje con la promoción de los significados. Otro factor que no favorece es la forma tradicional de abordar el contenido que se presenta, generalmente, en forma fragmentada y con una estructuración que se comienza tratando de detalles y especificidades para sólo al final colocar lo que es más importante en el cuerpo del contenido. Esta realidad está todavía muy extendido en la escuela local, se convirtió en una preocupación de nuestra investigación, cuanto a la actitud del docente frente a mudanzas para una programación CTS de enseñanza y en la orientación didáctico-pedagógica y metodológica de la propia, para

cumplir con los propósitos de la acción integrada exposición-escuela.

### **3. 3 Aprendizaje Significativo crítico.**

La razón de actualizarse el aprendizaje significativo surge debido a las demandas de la sociedad que se mueve cada vez más, impulsada por el desarrollo científico tecnológico que requiere rápidos cambios en el comportamiento, en los conceptos y en valores. La educación escolar tiene que cambiar el enfoque de la enseñanza conductista e influenciado por el positivismo lógico que pasa una idea de la ciencia como una verdad absoluta e inmutable, que a veces aparece en una condición de algo bueno y positivo a la sociedad y otras veces como algo malo por traer perjuicios a la sociedad y el medio ambiente. Otro concepto de ciencia perjudicial para el desarrollo intelectual de los alumnos, que aparece en la enseñanza tradicional de la ciencia es referente al concepto de certeza, utilizado en la enseñanza cuando se trabaja con una alternativa única de respuesta incorporándose una certeza absoluta en la justificación de un hecho científico. Otra dificultad radica en el hecho de que la ciencia, es a menudo tratada en la enseñanza apenas constituida por diferentes áreas y sub-áreas que dan la impresión de que se han desarrollado como entidades separadas. Con las contribuciones de los científicos que aparecen de manera fragmentada como compartimentos desarrollados, sólo para abordar las cuestiones y problemas específicos sin una relación más amplia y completa con otros campos o contenidos. Lo que deja de cumplir a muchas situaciones contextuales que requieren las relaciones interdisciplinarias o asociaciones entre las diferentes áreas y por tal razón necesitan incorporar más de una teoría o contenido en su descripción. Por lo general, en la práctica de la educación escolar se pasa un concepto de ciencia que ha implicado un estado de cosas fijas que hace que sea necesario conocer su definición a fin de tener una comprensión de los hechos. Un concepto de ciencia donde las diferencias sólo existen para tratarse de formas paralelas y opuestas, ya que, para cada fenómeno observado, hay una causa única, sencilla, y la mecánica para explicar el hecho. Frente a esta visión distorsionada de ciencia, el conocimiento se transmite a los estudiantes con un dogmatismo que hace su contenido incuestionable (Moreira, 2005).

A pesar de esta perspectiva de la enseñanza aún prevalecen en el sistema educativo en diferentes proporciones en todo el mundo, es inconcebible hoy en día pensar en conceptos, procedimientos y actitudes educativas que están siendo guiados por esa perspectiva.

Especialmente cuando se desea hacer los cambios que emanan desde el interior de la nueva sociedad en que vivimos. Durante casi cuarenta años atrás, Postman y Weingartner han criticado y clasifican a la educación como fuera de enfoque que promueve la formación de personas con personalidad en conceptos y actitudes pasivas, aquiescentes, dogmáticas, intolerantes, autoritarias, inflexibles y conservadoras. En el mundo de hoy frente a las dificultades en cuanto a las oportunidades, al trabajo y como en relación a las amenazas al medio ambiente, la educación debería encontrarse abierta a capacitar personas con personalidades, a los valores opuestos colocados por la filosofía de la acción de la educación tradicional. La educación actual debe trabajar para inculcar en la gente una personalidad inquisitiva, flexible, creativa, innovadora, tolerante y liberal, para que podamos hacer frente a las incertidumbres y ambigüedades de la vida conscientemente. Para que las personas puedan conocer caminos en el presente que permitan direccionarse al futuro sin perder las oportunidades y sin saltar las etapas de su vida frente al espacio y tiempo que precisa ocuparse en la sociedad. Conforme Moreira, ¿cambiar la educación actual pide mucho más que la predisposición, ya que los estudiantes hoy en día ponen en duda la relevancia del tema para aprenderlo! Hay la necesidad de que ellos perciban la relevancia de los contenidos frente a la conexión que los propios tienen, con lo que utilizan y tienen la vivencia para que cause efecto en lo que deseamos, que ellos aprendan (ibid.).

Observamos aquí, que hay una diferencia cronológica-histórica entre el despertar propuesto por Postman y Weingartner para lo que ocurrió hace aproximadamente una década después en la forma de proceder con la educación escolar, cuando tuvo inicio las primeras iniciativas de implantación del movimiento CTS de enseñanza. Un hecho que también ha ocurrido con relación al inicio del movimiento de expansión y mejora de la difusión de la divulgación científica a través de museos y centros de ciencias que se extienden por todo el mundo. La diseminación de estos ambientes se ha atribuido al hecho de que las instituciones en la sociedad se han visto a partir esta época que la escuela, a pesar de tener que actualizar sus acciones por sí sola no podía viabilizar una formación ciudadana en las cuestiones, innovaciones, y los rápidos cambios provocados por la tecno-ciencia. En este contexto, en nuestra interpretación, el aprendizaje significativo crítico en su fundamentación, se podría también justificar por la necesidad de la enseñanza CTS y la contribución en la formación escolar de otros medios de promover la educación científica.

De este modo en una perspectiva de que por principio, el aprendizaje necesita ser significativo, en la actualidad se busca destacar y asociar necesidades emergentes que

puedan subvertir las prácticas educacionales tradicionales. Entre ellas podemos destacar la preocupación: con la formación de conceptos, con la necesidad de la resolución de problemas y la importancia del dominio del lenguaje científico en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El aprendizaje significativo por lo tanto puede ser visto actualmente como una teoría subyacente de las "teorías" de aprendizaje anterior y a las muchas teorías que aparecieron más tarde. A su vez, el aprendizaje significativo crítico, puede ser considerado como constructo teórico, lo que pone a la teoría Ausubeliana en expansión. Lo que le permite incorporar e integrar nuevos significados y crear asociaciones a otras teorías que aportan complementariedad dentro de la psicología educativa, sin distorsionar sus principios básicos y las ideas fundamentales. La idea es hacer que el aprendizaje significativo se actualice e integre nuevos conocimientos, para que pueda continuar sirviendo de base didáctico-psicológica para cómo se debe realizar la enseñanza en el aula en los tiempos actuales de rápidas transformaciones sociales. Se trata de una teoría que puede subvertir con sus nueve principios de la enseñanza tradicional colocando una visión más amplia a la educación (conforme mostrado abajo) (ibid.).

Esta teoría puede ser considerada como una nueva estrategia para ayudar en la reestructuración de la programación escolar (conforme se ha desarrollado este trabajo), para satisfacer las necesidades de una educación contemporánea.

Para Postman y Weingartner una enseñanza subversiva es una perspectiva antropológica en relación a las actividades desarrolladas por el grupo social en el que se inserta la persona (Postman y Weingartner, 1969). Teniendo en cuenta la actitud que las personas deben participar activamente, pero al mismo tiempo, también deben tratar de reconocer la realidad cuando la misma se está alejando a punto de no más ser reconocida por el grupo (Moreira, 2000, 2005, 2010) . Sin embargo, Moreira prefiere atribuir a esta perspectiva de subversión con pensamientos más direccionados al aprendizaje, y ha estado denominando de aprendizaje significativo crítico: una perspectiva de incorporación de ideas que permite al individuo formar parte de su cultura y, al mismo tiempo permite también poder observarla de afuera. Para subvertir el orden funcional de la educación tradicional, la perspectiva de la asimilación necesita ser cuestionadora donde el sujeto acepta ideas pero no se encuentra subyugado a ellas, aprendiendo a desarrollar el pensamiento crítico, lo que no sería posible sin la atribución de significados a lo que se aprende en el contexto social de la vida. De esta manera el conocimiento no debe traer las razones absolutas en la forma de ser de las cosas y de ver el mundo. Es tan importante saber cómo trabajar con el relativismo, la

incertidumbre, con las diferencias, con el sí y el no para la causa, para la probabilidad y la bifurcación (ibid.). El programa de CTS que ponemos para una acción conjunta con la escuela pretende caracterizar el relativismo, la incertidumbre y las diferencias provocadas por el pragmatismo que procuramos poner en la ciencia que se está desarrollando.

Debido a que es una teoría psicológica de aprendizaje cognitivo-constructivista uno de los aspectos más importantes es la preocupación con una base de conocimientos previos adecuados, necesaria a que la estructura cognitiva del alumno puede aprender dando significados a la nueva información en un proceso de subordinación. Constituye el primer paso aquí, o se trata de una condición previa, para un aprendizaje significativo crítico. Esto significa que, para ser crítico en algún conocimiento, o de algún concepto, o aun de algún enunciado, primeramente el sujeto tiene que aprenderlo de manera significativa, siendo aisladamente, la variable más importante, el conocimiento previo (ibid.).

Sin embargo, a menudo un cierto conocimiento previo relacionado a lo que se quiere estudiar, puede impedir, dificultar, obstaculizar, la asimilación de nueva información por parte del sujeto. En este momento Moreira sugiere para la TASC el principio de "*desaprendizaje*". En el sentido de la no utilización, de no tener en cuenta algo que se encuentra retenido significativamente que no se puede *borrar*, sino que debe desconsiderar. Una base de conocimientos previos específicos puede existir y no está relacionado con la nueva información, y no es adecuada para que pueda servir de base al conocimiento nuevo. Este requisito de conocimiento previo, llamado de subsumidores adecuados es algo que va más allá de lo que llamamos pre-requisitos. Por esta razón ellos también tienen que estar compuestas de elementos clave del lenguaje científico y todavía necesitan requerir de la mente del aprendiz, la capacidad de desarrollar ideas abstractas en momentos oportunos. Esto porque se exige de la mente del estudiante una capacidad de racionalización de las ideas abstractas a los hechos. Sin embargo, en ausencia de subsumidores adecuados para cumplir con el principio de "*desaprendizaje*", según Moreira (2005), recomienda que sea realizado un olvido selectivo de lo que no se puede recurrir para no reincidir en el error o interpretaciones insatisfactorias al quehacer científico.

Cuando nos falta los elementos en la estructura cognitiva de atribuir significados científicos necesitamos utilizar de la TASC, *el principio de aprendizaje por el error*. Este principio se basa en la idea de que el conocimiento humano es limitado y por lo tanto, el aprendizaje está constituido por la superación de error. El error es parte de la naturaleza humana de tal manera podemos decir que, se aprende mediante la superación de los errores.

Aprendemos ciencia a través de representaciones implícitas más elaboradas que hemos hecho sobre las cosas del mundo, correctas o incorrectas. En la perspectiva del alumno desarrollar ideas científicas, Moreira asume que, cuando faltan requisitos previos se puede utilizar los modelos mentales de Johnson-Laird. Podríamos decir entonces que el desarrollo cognitivo operacional de subsumidores adecuados exige procedimientos recursivos de modelaje en la estructura cognitiva del alumno, que trascienden a los modelos económicos de la razón común (por lo general desarrollado por la forma puras y simples de observar a su alrededor o de concebir las cosas del día a día). Cuando se cometen errores cuando se intenta clarificar una descripción o hacer una predicción para explicar un hecho nuevo, basado en elementos que no funcionan en la atribución de significados científicos, debemos buscar el desarrollo de modelos mentales recursivos capaces de realizar una recursivo auto-corrección decurrente del error. Por lo tanto en la superación del error desarrollamos modelos mentales para corregir lo que salió mal. Hasta llegar a la funcionalidad deseada por la programación y de enseñanza y la forma de ganancia de estabilidad (ibid.).

En la mediación del proceso de enseñanza, con el fin de desarrollar este modelo deben existir, eficaces y eficientes formas de provocar actitudes, es decir, la predisposición de la persona que lleve de manera deliberada a obtener una mejora cognitiva al atribuir significado en el campo de estudio que puede ser de interés personal o incluso ser de interés del colectivo social en que vivimos (Ausubel, 1976, apud Palmero, 2005). Para ello, el material de enseñanza necesita ser potencialmente significativo para que pueda ofrecer significados lógicos; que pueda ser aprendido de forma no arbitraria y literal o inclusive sustantiva; como ocurre la mayoría de las veces cuando se busca retener algo por simple y puro proceso de memorización en un aprendizaje estrictamente mecánico, para lo cual, necesitaríamos efectuar simples representaciones internas para colocar algo en la memoria sin necesariamente desarrollar modelos en nuestra mente. De esa forma, aprendemos significativamente cuando conseguimos efectuar representaciones internas más elaboradas, a partir de modelos propios que sean compactados con la previsión científica.

Para ello Ausubel sugiere que las ideas más generales y amplias de determinado contenido sean presentadas desde el inicio para que al total de la organización secuencial por diferenciación progresiva y reconciliación integradora, tengan más oportunidades de ser consolidadas o mejoradas conceptualmente en la mente del aprendiz. Nuestras percepciones de las cosas que representamos no se alteran mientras que, la idea que hacemos de ella tenga funcionalidad para nosotros. No modificamos nuestra forma de representación, aun

que se diga que estamos equivocados, si no tuviésemos o seamos despertados para otra alternativa propia de percibir. Lo que puede ser reforzado por la idea de que, nuestra capacidad de aprender puede ser interpretada como la capacidad de abandonar percepciones inadecuadas (Postman y Weingartner, 1969). Con relación a los modelos mentales, nuestra memoria de corto plazo trabaja desarrollando y modificando modelos para efectuar los ajustes a una forma de percepción más adecuada que pueda ganar funcionalidad y adquirir estabilidad en nuestra memoria de largo plazo.

La escuela, sin embargo, normalmente actúa en la punición del error en lugar de considerarlo como un mecanismo humano, por excelencia, para que se pueda construir el conocimiento, a través de los profesores y del libro de texto, la teoría científica es pasada como una verdad perdurable, este hecho es el que viene a ayudar en la tarea de la punición del error. La TASC al buscar sistematizar el error en el proceso de enseñanza-aprendizaje tiene como objetivo recusar verdades absolutas de forma crítica, lo que lleva a la promoción del error como un hecho natural del quehacer científico donde tanto para quien desarrolla ciencia y para quien aprende ciencia se trabaja para la superación del error (Moreira, 2005).

Otro aspecto importante es que para que sean atribuidos significados por quien aprende es necesario que en el ambiente de estudio existan actitudes favorables, es decir, la existencia de una predisposición del aprendiz y del grupo escolar, en buscar insertarse en un proceso de construcción de significados, para eso de acuerdo a Novak, es necesario que se integren razones del pensamiento, sentimientos y acciones. De esta forma, el evento educativo en su acción debe buscar promover un intercambio entre significado y sentimiento, así la manera de atribuir significados en lo que se aprende no se encuentra desprovisto de sentimientos. No se acumula conocimiento de forma neutra sin una experiencia emocional de carácter humanista de ser de todo sujeto que aprende significativamente (Novak, 1988, apud Palmero, 2005).

En la enseñanza, el papel del sujeto que aprende compartiendo significados exige responsabilidad del evento educativo (Novak, 1988, apud *ibid.*). Lo que pide que se busque actitudes favorables, una predisposición que necesita ser despertada en el aprendiz que va más allá del interés y de la motivación. Para Gowin el proceso enseñanza-aprendizaje se consume en el aula cuando el significado atribuido por el alumno se encuentra en consenso con el significado atribuido por el profesor al material de enseñanza. De esta manera para que se consuma el episodio de enseñanza, el profesor y el aprendiz necesitan deliberadamente llegar a acuerdos relativos al material educativo, compartiendo los mismos

significados, lo que puede ser utilizado por el alumno, deliberadamente, como un punto de partida para el aprendizaje significativo de un contenido en el enfoque (Gowin, 1981, apud Moreira, 1999 c). Según Ausubel, existen dos condiciones fundamentales para que ocurra el aprendizaje significativo: la necesidad de una actitud significativa de aprendizaje por parte del aprendiz, es decir, predisposición para el aprendizaje significativo, y que el material sea potencialmente significativo (presente significado lógico, es decir, sea potencialmente relacionable a la estructura cognitiva del aprendiz, y también requiere la existencia de ideas previas de encaje, es decir, subsumidores adecuados) (Ausubel, 1978).

En verdad, sugerimos que podamos interpretar más ampliamente la actitud significativa propuesta por Ausubel, ya que, la misma necesita ser despertada en el todo, de los elementos de la enseñanza (profesor, alumnos, coordinación y administración escolar y material de enseñanza). De esa forma, para que los significados atribuidos por el aprendiz sean consensuales con un planeamiento de enseñanza que podemos denominar de potencialmente significativo, no basta apenas predisposición o potencialidades en uno o dos de los elementos de la enseñanza (a pesar de que en una composición entre profesores y alumnos ya puedan conseguir efectuar alguna cosa). La idea es que exista la necesidad de la congruencia del todo respondiendo a procedimientos y actitudes significativas del sistema de la enseñanza (material útil a la realidad actual elaborado de forma que pueda ser potencialmente significativo, que existan procedimientos, actitudes, normas y valores potencialmente significativos: del profesor, de la administración-coordinación, de las directrices curriculares nacionales; e inclusive que exista un procedimiento y una actitud que sea significativo en el aprendiz). Esta debe ser una de las dificultades que deberemos encontrar en la alianza con la escuela en razón del sistema escolar no ser potencialmente significativo para incorporar debidamente las contribuciones traídas por la propuesta de enseñanza de nuestro Centros de Ciencias.

El aprendizaje significativo, por lo tanto, debe ser visto como proceso crítico que necesita envolver un contenido de enseñanza útil, de interés para quien aprende, compartido socialmente por ser de interés para la vida, y potencialmente significativo, lo que debe favorecer a actitudes favorables de quien aprende y del contexto escolar responsable por organizar la enseñanza, de acuerdo a Moreira, el aprendiz debe ser mirado no como un ser pasivo receptor de conocimientos y sí como un ser actuante que atienda al *principio del aprendiz como perceptor/representador* del aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2005). Un aprendiz que necesita ser considerado como un mecanismo de asimilación por

excelencia. Un individuo que no consigue ver el mundo directamente y sí a través de sus representaciones internas (no se consigue recibir una información y percibirla directamente como las personas transmiten y sí como las representamos). Este principio afirma que los alumnos no son solamente receptores de la materia de enseñanza. En la teoría Ausubeliana el aprendizaje receptivo de un nuevo conocimiento realizado por el aprendiz, ocurre sin la necesidad de descubrirlo, es decir, reconstruir internamente (Ausubel *et al.*, 1978, 1980, 1983; Ausubel, 2000, apud Moreira, 2005). Pero el proceso de recepción de una clase no debe consistir en un profesor hablante y un alumno pasivo. Es necesario que exista un proceso dinámico de interacción, diferenciación e integración entre el conocimiento previo y la nueva información. Pero la cuestión aquí tratada de la percepción no reside en el hecho de ser estimulada una interacción. Ya que de acuerdo a Moreira (2005), la mayor preocupación del *principio del aprendiz como perceptor/representador*, es que, lo que toda la información que él recibe, si él está atento a darse cuenta, él actúa. Lo que en la perspectiva ausubeliana exigiría experiencias de percepciones previas para este hecho, en el aprendizaje significativo crítico, para representar lo que el sujeto percibe. Moreira relaciona la construcción de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983). Para quien construye tales modelos, la fuente primaria es la percepción y su compromiso esencial es el de adquirir funcionalidad para el constructor. Mientras sean funcionales, no cambiamos nuestro modelo de la forma de percibir algún hecho del mundo, a menos que modifiquemos nuestra percepción (Moreira, 2005). Para Postman y Weingartner (1969), nuestra capacidad de aprender se encuentra relacionada a nuestra capacidad de abandonar percepciones inadecuadas y desarrollar nuevas percepciones más funcionales para atender al material de enseñanza a ser aprendido (Postman y Weingartner, 1969), de acuerdo a Moreira no vemos las cosas como ellas son y sí como creemos que ellas están allí (Moreira, 2005).

Así, la forma con que el proyecto pedagógico de la escuela organiza el contenido de la enseñanza y la actuación del profesor necesita llevar en cuenta los aspectos constantes en los principios de la TASC que están siendo aquí gradualmente presentados. Para eso, estamos recomendando que una actitud potencialmente significativa en el aula pueda despertar en los alumnos un grande interés, motivación y predisposición para aprender, con base en aquello que él ya sabe. Que necesita ser levantado. Para ello, las situaciones de enseñanza necesitan llevar en cuenta las aptitudes y limitaciones de cada uno, debiendo el contenido de la enseñanza ser ordenado, diversificado y jerarquizado, para ser presentado primero por sus ideas más generales y amplias que en su debido tiempo puedan ser diversificadas en detalles y especificaciones y siempre que sean posibles, para no perderse

la visión del todo, reconciliadas en sus aspectos más generales.

El *principio de la interacción social y del cuestionamiento* se caracteriza por una propuesta educacional, donde se debe buscar enseñar a las personas a aprender a hacer preguntas, en lugar del individuo que aprende a mantener una simple condición de dar respuestas en el proceso tradicional de la enseñanza. Una fase de la enseñanza necesita de interacción social en el sentido de que profesores y alumnos necesitan compartir significados (lo que exige una negociación de significados), en relación al material educativo utilizado (Gowin, 1981, apud Moreira, 2005). Para Postman y Weingartner (1969), el conocimiento no se encuentra en el libro, en la espera de que alguien venga a aprenderlo. Sólo sabemos que lo sabemos, cuando conseguimos responder debidamente a las preguntas formuladas sobre el asunto, de esa forma, todo conocimiento resulta de nuevas preguntas que pueden tomar como base viejas preguntas (Postman y Weingartner 1969, apud ibid.). Por su vez, de acuerdo a Moreira, se aprende a aprender cuando se consigue formular preguntas apropiadas y sustantivas, y cuando eso ocurre, ya se adquirió una experiencia necesaria para aprender lo que se quiera, delante de la vivencia de cada uno. Lo que se justifica en razón de que, para el alumno formular una pregunta relevante, apropiada y sustantiva, él necesita utilizar el conocimiento previo adquirido de manera no arbitraria y literal. Pero el principio de que las personas aprendan a aprender, en su naturaleza constructivista, no excluye la validez de los momentos explicativos del profesor en la clase, como intermediador de una acción participativa de los alumnos, una vez que este momento se constituye en un medio para alcanzar tal fin (Moreira, 2005).

En el principio de la interacción social en la mediación al acto de aprender, en nuestro punto de vista, podemos también llevar en cuenta lo que Vygotski denominó de zona de desarrollo proximal del alumno (una medida de diferencia entre la capacidad del nivel cognitivo real del individuo en resolver problemas, para su capacidad de resolverlos bajo orientación o colaboración de otros colegas). En este proceso los significados también necesitan ser compartidos socialmente. Entretanto para quien organiza y es intermediaria de la enseñanza, es necesario cuidar con la “ilusión pedagógica”, una actitud de muchos profesores que piensan que el aprendizaje sólo se da a partir de una enseñanza bien hecha que lleva en cuenta una organización clara y rigurosa de teorías formales (Vergnaud, 1983-b, apud Moreira, 2002). En una programación de enseñanza debe ser llevado en cuenta que este contenido necesita ser antes analizado para que pueda ser considerado o no, como potencialmente significativo, para que, como ya nos referimos anteriormente, podamos

considerar la propuesta como una actitud significativa de planeamiento del sistema de la enseñanza. En este contexto se espera que con el nuevo recurso de instrucciones utilizado, el alumno pueda llegar a enfrentar nuevas situaciones de la enseñanza (tareas y problemas), atribuyendo significados y desarrollando sentido crítico sobre lo que aprende. En la metodología de enseñanza utilizada el alumno necesita ser estimulado a interactuar socialmente, aprendiendo a preguntar en lugar de sólo ser exigido a dar respuestas, según Postman (1996), las preguntas constituyen el principal instrumento intelectual del ser humano (Postman, 1996). Pero, de acuerdo a Moreira (2005), la iniciativa de la pregunta no puede ser dada a partir de un vacío cognitivo sobre el asunto. El hecho de preguntar utilizando cuestionamientos relevantes, expresa la existencia de conocimiento y una actitud que demuestre interés. En una metodología de enseñanza en que este siendo expuesto cierto contenido y se proceda sin haber sido formuladas preguntas y no se promuevan debates, sirve mucho más para mostrar el distanciamiento del alcance de la propuesta del orador para el interés y/o capacidad de asimilación del público asistente, de que para cualquier otra cosa (Moreira, 2005).

Sabemos que en un proceso de enseñanza-aprendizaje, puede ser atribuido significados científicamente incorrectos al material de la enseñanza, lo que viene a caracterizar erróneamente una actitud significativa en el sistema de enseñanza y cuyo responsable puede envolver apenas uno de los elementos de la enseñanza o hasta todos los elementos (profesor, alumno, material de la enseñanza). Una actitud significativa de aprendizaje en la clase va más allá del interés y motivación despertada por profesores y alumnos delante de una relación armónica. Los sujetos del proceso necesitan estar debidamente capacitados y afinados en propósitos, y siendo el profesor conocedor del material de la enseñanza que necesita ser potencialmente significativo (presente utilidad y actualidad, que presente los conceptos esenciales jerárquicamente con sus relacionamientos, generalidades y especificaciones y que sean descritos en lenguaje adecuado) y aún el alumno estar capacitado a retener y dar significados al conocimiento propuesto, lo que requiere que los subsumidores estén adecuados. El material potencialmente significativo debe aún ser visto como un material, donde las ideas generales y amplias son presentadas desde el inicio del proceso, en un abordaje que busque efectuar una diferenciación progresiva y una reconciliación integradora para no perderse de vista y dar más tiempo a la madurez de la visión del todo. Para elegir de un material potencialmente significativo a la comprensión del lenguaje con la que es abordado el contenido para el aprendiz y consecuentemente para el profesor, quien es de vital importancia en la intermediación de

significados entre él y el alumno.

Mientras tanto, esta intermediación del contenido según Moreira pasa por el *principio de la no centralidad del libro de texto*. La enseñanza no puede estar centralizada en un único libro. El libro debe ser complementado por documentos, artículos educativos sobresalientes. El conocimiento enseñado no debería apoyarse demasiado en la centralidad del libro de texto en el abordaje al contenido, aún cuando el profesor comulga con su perspectiva de presentación del contenido. La razón es que el alumno necesita tener la vivencia con otros escritos seleccionados sobre el asunto que puedan traer otras visiones y formas de abordaje, que puedan llevar al cuestionamiento y a una ampliación del contenido y del lenguaje (Postman y Weingartner, 1969, apud Moreira, 2005). De acuerdo a Moreira (2005), no se trata de prohibir el libro didáctico de la escuela y sí de desconsiderarlo como elemento central (donde muchas veces llega a ser el único elemento). Deberían ser llevados en cuenta otros escritos adecuados al nivel y a la realidad de la enseñanza. Cuando el libro no es la parte central esto se vuelve importante para atender al *principio del conocimiento como lenguaje* y el *principio de la incertidumbre del conocimiento* frente a las diferentes visiones del mundo colocadas por la ciencia, como veremos a seguir (ibid.). En este estudio, ese principio se encajo de una buena manera en la justificativa de nuestra programación que vino a requerir de la escuela no serán guiados solamente por las acciones del contenido del libro de texto. Teniendo la necesidad de buscar otros referentes para atender al estudio de la programación propuesta.

Otro principio facilitador, en la perspectiva del aprendizaje significativo crítico es lo que Moreira denomino de *principio del conocimiento como lenguaje*, que se refiere a la influencia del lenguaje en el dominio del conocimiento (Moreira, 2005). Esto es porque el lenguaje con la que vamos a describir la ciencia está muy lejos de ser neutra, en el hecho de percibir así como en el hecho de evaluar nuestras representaciones del mundo. Es ingenuo y simplista el pensamiento de que el lenguaje que utilizamos pueda siempre expresar las visiones del mundo que nos han sido colocadas por la ciencia. A través del lenguaje ejercitamos de forma singular nuestra tentativa de expresar la realidad en el quehacer científico. La llave para la comprensión de cierto contenido pasa por el conocimiento léxico y por la forma con que se estructura su lenguaje. La actividad de enseñanza al buscar facilitar el aprendizaje coloca en el escenario educacional la necesidad de la mediación de significados por el lenguaje humano ejercitado en el seno de la interacción social y en el cuestionamiento de hechos que ahí vigoran (principio de la interacción social y del

cuestionamiento). El lenguaje debe ser visto así, como mediadora de toda percepción humana (Postman y Weingartner, apud Moreira, 2005). Es importante añadir que para Ausubel, el papel del lenguaje es mucho mayor que el de desempeñar una función meramente comunicativa. Tanto en el aprendizaje por recepción, cuanto en la descubierta, el dominio del lenguaje va a aumentar la capacidad de manipulación de los conceptos y proposiciones expresadas por sus palabras (Ausubel, 2002, apud Rodriguez, 2005). De acuerdo a Moreira el lenguaje facilita un aprendizaje significativo por lo que consigue transformar el significado lógico constante de los contenidos científicos en significados psicológicos (una interpretación personal e idiosincrática) (Moreira, 2005).

A pesar del lenguaje ser considerada esencial en la interacción social, por el hecho de no sólo materializar, como también de contextualizar el proceso de aprendizaje; el lenguaje en la enseñanza viene a desempeñar una función idiosincrática en el psicológico de las personas. Esto es porque consigue liberar al individuo de vínculos contextuales inmediatos, un factor importante para contribuir con el desarrollo de procesos mentales superiores necesarios para el dominio de ideas científicas (Moreira, 2002, apud Rodriguez, 2005). De esta forma, para que las personas adquieran una conceptualización significativa, el dominio del lenguaje desarrolla una función muy relevante. Pero, es necesario que exista una interacción armónica entre profesor, materiales educativos y aprendiz, para que pueda evolucionar para los significados adecuados utilizando el lenguaje científico constante en estos materiales (Gowin, 1981). A través del lenguaje científico el individuo cría una independencia personal se descontextualizando de la experiencia inmediata y de los apoyos empíricos concretos, cuando la escuela permite o desarrollo de procesos mentales superiores (ibid.). En la literatura llega a ser afirmado que “*el conocimiento es lenguaje*”, con la justificativa que, sin lenguaje el ser humano no construye su visión de mundo (Postman, 1996 apud Moreira, 2003), y aún llega a ser afirmado que: “*existimos en el lenguaje*” (Maturana, 2000, apud Moreira, 2003).

Conforme ya afirmamos anteriormente para Ausubel existen dos condiciones de promover el aprendizaje significativo: la predisposición del aprendiz y que el material sea potencialmente significativo. En la actualidad segundo Moreira, debido a la importancia del papel del lenguaje debemos complementar con una tercera condición: el lenguaje humano. Para Novak, el proceso enseñanza-aprendizaje escolar es instrumentalizado por el currículo, por el contexto social, por el aprendiz, por el profesor, y por la evaluación (Novak, 1981, apud Moreira, 2005). Para Moreira, a estos cinco aspectos instrumentales debería ser

inserido un sexto que viene a constituirse en el lenguaje (Moreira, 2005).

Para esto el sistema de enseñanza necesita adquirir consciencia semántica, teniendo como aspectos más importantes que, el significado de las cosas se encuentra en las personas, no se encuentran en las palabras (ibid.). Cuando el aprendiz retiene un conocimiento sin tener condiciones o no quiere dar significados adecuados a las palabras al aprendizaje, es mecánica o los significados atribuidos son concepciones espontáneas, esto es, no se está interpretando los hechos por las razones traídas por la ciencia. Para caracterizar un objeto, la palabra no es la cosa, pero trae el significado y representa la cosa (ibid.). Así para asociarse y complementar el *principio del conocimiento como lenguaje*, la TASC coloca el ***principio de la consciencia semántica***. Este principio aparece como algo esclarecedor y facilitador del aprendizaje significativo crítico por implicar en varias concientizaciones. Una vez que la semántica en la lingüística estudia los cambios de los significados sufridos por las palabras (signos) en el transcurso del tiempo y en el espacio (del lenguaje científico para lenguaje popular, de un área de la ciencia para otra, de una región para otra o entre diferentes culturas), y estas sutilezas en el uso de la palabra precisan ser una preocupación del proceso educacional (Moreira, 2005; 2010).

***El principio de la incerteza del conocimiento dice, que se debe*** aprender a formular preguntas por el hecho de que estas serán instrumentos de percepción, mientras que, las definiciones y metáforas son instrumentos que provocan razones en el pensamiento del aprendiz, según Moreira, este principio puede ser visto como una síntesis de algunos principios anteriores, principalmente los que asociaban el papel del lenguaje. *Las definiciones, las preguntas y las metáforas son tres importantes elementos que vienen a auxiliar el lenguaje humano en la construcción de una visión de mundo* (Postman, 1996, p. 175, apud Moreira, 2005). El aprendizaje significativo solo tendrá una naturaleza crítica cuando integrar estos tres elementos en el sentido de que “*el aprendiz percibir que las definiciones son inventos, o creaciones humanas, que todo lo que sabemos tiene origen en preguntas y que todo nuestro conocimiento es metafórico*” (ibid.).

En la TASC las *preguntas* como instrumentos de percepción constituyen el principal instrumento intelectual disponible para los seres humanos (op. cit. p. 173, apud Moreira, 2005). la naturaleza de la pregunta (en su forma y con sus suposiciones en la indagación de los fenómenos naturales) determina a la naturaleza de la respuesta. Siendo así, el conocimiento científico se vuelve incierto por depender de la forma que indagamos la naturaleza. Auméntese aún que, para responder sobre algo, utilizamos un sistema de

símbolos disponibles, que cuanto más limitado sea (es decir, cuanto más limitado el lenguaje que disponemos), menos seremos capaces de describir la naturaleza. (Postman y Weingartner, 1969, p. 121, apud Moreira, 2010). Da ahí resulta la extrema importancia de que al preguntar, se esté efectuando un cuestionamiento crítico sobre lo que observamos en la naturaleza, para que el aprendizaje sea significativo y crítico (Moreira, 2010).

Ya las *definiciones* son instrumentos utilizados para pensar, que envuelven algunos parámetros sin ninguna aplicabilidad fuera del contexto para la cual fue formulada. Entretanto, es pasada una visión para el alumno, en todos los niveles de escolaridad, sobre las definiciones, no como idealizaciones de la mente humana y sí como parámetros que ya hicieran parte, esto es, ya estuvieran dentro del mundo natural. Lo que pasa la idea de que las definiciones sean verdades absolutas. Por esta razón en la TASC, aprender sobre una definición de manera significativa crítica no es apenas darle significado preocupado, apenas con la existencia de subsumidores adecuados. La definición precisa ser percibida como algo que fue inventada para alguna finalidad y que otros parámetros alternativos también podrían ser utilizados para definir el fenómeno (Postman, 1996, p. 172, apud, Moreira 2010).

Cuanto a las *metáforas* son del mismo modo que las definiciones instrumentos que usamos para pensar. La Metáfora a pesar de ser muy utilizada por los lingüistas poetas, no se constituyó apenas en una forma de expresión de la poesía. Siendo también utilizada ampliamente en la literatura por los científicos, por historiadores y lingüistas de un modo general. Se trata de un recurso lingüístico que es utilizado cuando se quiere destacar, despertar la atención, colocar un efecto figurativo, en la forma de expresarse sobre algo que se está tratando visando estimular la percepción de las personas. En la programación de enseñanza elaborada para abordar la exposición de los experimentos fueron utilizadas algunas estrategias metafóricas. Como fue el caso en las proximidades del generador electrostático cuando era encendida una lámpara a gas en el aire (sin ningún contacto con la fuente) y en aquel momento era utilizada la expresión: “la energía está en el aire”, y en la secuencia “la energía eléctrica del generador se transmite por el aire”, para sólo a partir de ahí especificar más detalladamente lo que estaba ocurriendo.

El *principio de la incerteza del conocimiento* fue propuesto por Moreira para llamar la atención que nuestra visión de mundo, en la busca de describir los fenómenos es construida primordialmente con las definiciones que creamos, con las preguntas que formulamos y con las metáforas que utilizamos. Como constructo humano busca describir

la realidad intrínseca en los fenómenos sin ser la propia realidad. Lo que trae epistemológicamente una incerteza para todo el conocimiento científico y estimula a la promoción de discusiones y debates que han llevado en el curso de la historia de la ciencia a la evolución de las ideas (Moreira, 2005; 2010).

Vamos ahora a tratar del *principio de la no utilización de la pizarra. De la participación activa del alumno. De la diversidad de estrategias de enseñanzas*. Este principio es complementar al *principio de la no centralidad del libro de texto* que fue justificado en razón de la necesidad en la enseñanza actual de buscar incorporar otros materiales educativos como documentos, artículos lo que va a permitir poder trabajar con una diversidad de materiales instructivos. Segundo Moreira (2010), una asociación entre estos dos principios también puede ser justificada por el hecho de que, mientras el libro de texto simboliza el centro de las atenciones en la busca del conocimiento (la autoridad de donde "emana" el conocimiento), la pizarra simboliza la autoridad, el profesor centrado en una enseñanza de transmisión que normalmente repite lo que se encuentra en el libro en fundamentos teóricos y resolución de ejercicios. Una proposición colocada para una participación pasiva de los alumnos que deben copiar lo que el profesor escriba, para servir de guía sobre lo que deben estudiar para efectuar la prueba. Que traen como sentido evaluativo la repetición de lo que conseguirían ejercitar y retener por automatismo para recordar en la hora de la prueba. La permanente utilización de la pizarra por el profesor sin haber interactividad y una diversidad de estrategias de enseñanza envuelve una enseñanza de anti-aprendizaje significativa, y se aleja en amplios aspectos de un trabajo volcado para el desarrollo del sentido crítico (Moreira, 2010).

La referencia que es efectuada en esta teoría de eliminar o minimizar el uso de la pizarra no resuelve el problema, si el profesor no cambiar su conducta. Eso porque mismo que la escuela incorpore innovaciones, por ejemplo, con el uso de nuevas tecnologías digitales de aprendizaje y con la realización de experimentos, esas nuevas prácticas, pueden ser conducidas por una enseñanza que apenas posibilite el automatismo en la adquisición de conocimientos. Lo que puede llevar apenas a una retención de naturaleza mecánica. Así, para alejarse del automatismo, existen dos pasos importantes a ser ejecutados: uno es utilizar como *principio la no centralidad del libro de texto*, lo que resulta en términos de proceder a utilizar una diversidad de materiales educativos; el otro es incorporar el *principio de la no utilización de la pizarra*, lo que puede ser provocado por el uso de una diversidad de mecanismos de instrucciones. Estos dos pasos complementares, para que tengan efectos

favorables en la TASC, deben implicar en una participación activa del estudiante, lo que exige una enseñanza centralizada en el alumno (ibid.).

Según Moreira, la no utilización o centralización en la pizarra debe llevar naturalmente al uso de diversas estrategias que envuelven actividades colaborativas, seminarios, proyectos, investigaciones, discusiones, paneles, que deben tener subyacentes los demás principios colocados. En verdad, el uso de una diversidad de estrategias de enseñanza facilita tanto la implementación de los demás principios en el aula como la actividad mediadora del profesor (ibid.). Moreira aún coloca que, en un ambiente interactivo bajo la mediación del profesor, lo importante es que lo mismo en las discusiones sobre el conocimiento científico no deje trasparecer al alumno una idea de certeza y de verdad absoluta de la descripción científica, y al mismo tiempo no caiga en la indiferencia relativista, aceptando que en la interpretación científica vale todo. En este espacio interactivo el profesor precisa estimular al alumno a preguntar y utilizar la misma, como instrumentos de evaluación de la percepción de cada uno. Llevar también en cuenta que, las definiciones y metáforas colocadas para el alumno son instrumentos para pensar procurando mostrar que la descripción científica puede ser expresa por caminos alternativos (atendiendo al *principio de la incerteza del conocimiento*) (ibid.).

Cuando la narrativa prima en trabajar para desarrollar un aprendizaje mecánico, y no llevar al alumno a interactuar para negociar significados y efectuar reflexiones sobre el asunto. Con el pasar del tiempo, ¿Qué es lo que restaría del contenido en el residuo subsumidor modificado? y ¿Qué es lo que fue efectuado para el desarrollo de potencialidades cognitivas? Las acciones de enseñanza deben estar centradas en el alumno y no en la narrativa del profesor. Para que eso ocurra, el profesor debe actuar mucho más con la función de mediador enseñando al alumno, aprender a aprender. Asumiendo que la enseñanza es un medio de facilitar el aprendizaje, cuando el uso de la narrativa se muestra ineficaz ¿por qué mantener este mecanismo como el centro de las acciones en la formación de las personas? Basta reflexionar sobre lo que nos restó de los conocimientos aprendidos en la escuela para concluir que la narrativa se ha mostrado como ineficaz. Una asignatura como la Física estudiada en la escuela, muchas veces, hasta parece que no existió para el alumno. Nada de significativo acrecentó con relación al conocimiento estudiado (ibid.).

Moreira (2010) concluye su formulación de la TASC colocando que, a pesar del evento educativo ser compuesto por cinco variables: la enseñanza, el aprendizaje, el currículo, el contexto y la evaluación; hasta aquí se busco fundamentar la teoría del

aprendizaje significativo crítico no sólo atendiendo al aprendizaje, pero también a la enseñanza. Justificando que, como su enfoque era el aprendizaje en el aula (significativo y crítico), no había como, por lo menos, no incorporar a variable más próxima, la enseñanza (en el sentido de subvertir el orden tradicional y ser facilitador del aprendizaje significativo crítico). Pero, complementa que, no hay como ignorar la influencia de las otras tres variables en el proceso educacional. Argumentando que, sin un currículo y un contexto (medio social, sistema educativo) que favorezca a la implementación de los principios facilitadores de la TASC y sin una evaluación coherente con tales principios, los fundamentos colocados por esa teoría, no podrían ser puestos en práctica en el aprendizaje escolar (ibid.).

### **3.4 – El Contenido Psicopedagógico de Estructuración de la Programación de la Enseñanza.**

Para Ausubel et al (1980), una programación de enseñanza volcada para el aprendizaje significativo necesita llevar en cuenta sucesivas tareas a ser desarrolladas que puedan llevar a adquisición de cierto aprendizaje. En este direccionamiento se debe organizar la enseñanza no solamente pensando en maneras más efectivas de adquisición de significados. Debiéndose también preocuparse con los cambios organizacionales que puedan ser emprendidas en la estructura cognitiva (el desarrollo de potencialidades cognitivas: competencias, habilidades, procedimientos, actitudes), a partir del material de enseñanza propuesta. La atribución de un sentido, al material que está siendo trabajado, debe empezar a ser efectuado desde el inicio de la instrucción. Sin embargo, en la continuidad de la programación trabajada se debe buscar atingir el súper aprendizaje (que significa decir que el material de la enseñanza que venía siendo trabajado requiere una secuencia de prácticas y revisiones, lo suficientemente explyadas y estructuradas) (Ausubel, 1980, p. 258-259). Como las que en esa investigación procuramos programar en la sucesión de visitas a la exposición en alianza con el trabajo desarrollado en la escuela.

Dentro de estas características la estructura del material utilizado en una programación de enseñanza puede ganar valor de transferencia en el contenido a ser enseñado. El contacto con el material de enseñanza en el proceso de formación presupone múltiples presentaciones, contactos, ensayos o prácticas. Debiendo existir repeticiones y revisiones, para que ocurran cambios organizacionales cualitativas y cuantitativas en la

estructura cognitiva. Para Ausubel, la actividad práctica (intencional y típicamente específica la tarea a ser aprendida), juntamente con el entrenamiento, puede tener una función muy importante en una retención con significados. Pero, la práctica y el entrenamiento no pueden estar asociados a una visión mecanicista de auxilio a la retención del contenido. Necesitan ser vistas como algo que sea relacionable a ideas no arbitrarias de la estructura cognitiva. Que sirvan como base para una retención con significados, y no sean conducidas apenas para estímulos en procesos de memorización. Cualquiera que sea la naturaleza de la actividad práctica, la repetición o revisión controlada, dentro de una frecuencia con que la misma necesita ocurrir, se vuelve un procedimiento muy importante. Las cuales, delante de las etapas del proceso de asimilación, tiene la capacidad de acelerar el aprendizaje. Para Ausubel, una enseñanza con mayor eficacia en la retención ocurre a partir de una práctica con revisiones más cortas, al inicio (revisiones más frecuentes muestran efecto superior en la consolidación, en los comentarios (*feedback*), y en el resumen del contenido). Este autor sugiere que, puede existir aún la revisión demorada (menos frecuente), cuando sea el caso de una preocupación con un reaprendizaje en un nivel más avanzado de un conocimiento parcialmente olvidado (una revisión que puede atender tanto a intereses motivacionales cuanto a la mejora cognitiva) (ibid., p.259-261).

Estos dos tipos de revisiones deben ser vistos como presumiblemente complementares, a pesar de no ser redundantes, en el caso de querer combinarlos (ibid., p. 266). Se debe, sin embargo, tomar cuidados para que la frecuencia de las revisiones no tenga efectos negativos al aprendizaje (cuando el alumno es sometido a condiciones adversas de enseñanza-aprendizaje, por no traer subsumidores adecuados). Así la frecuencia con que ocurren revisiones o repeticiones (que pueden estar asociado a la visita a la exposición), no puede ser algo fijo, mecánico, pasivo y fuera de propósito con lo que interesa visitar para reforzar lo que se discute en el aula de la escuela. Es necesario que las revisiones (en la sucesión de las visitas y en el andamiaje de la programación escolar) puedan atender a las dificultades de los aprendices colocando nuevos ingredientes delante de la capacidad, ritmo, y elementos de una base que sea esencial a asimilación. De esta manera el dominio del material a ser aprendido pasa por una adecuación en la organización que envuelve número, distribución y secuencia, en los entrenamientos y prácticas programadas (ibid., p. 269-270).

Vale resaltar con relación a la actividad práctica dentro de la programación que, mismo con el nuevo material de enseñanza siendo potencialmente significativo para promover un impacto cognitivo desde el inicio, solamente en el curso de la práctica es que

se puede esperar que la nueva información pueda contribuir para promover la evolución de la estructura cognitiva. A pesar de la práctica no ser o único factor a llevar la estructura cognitiva a una evolución (existen otros factores asociados al material de instrucciones, como las estrategias de enseñanza de la programación que trataremos más adelante en este ítem), su efecto aisladamente es muy importante. Una vez que, en la sucesión de las prácticas se consigue reducir ideas en el pensamiento disociado, aumentar la claridad, e ir dando estabilidad a los nuevos significados que van quedando retenidos en la estructura cognitiva (ibid., p. 270-276).

De acuerdo a Ausubel, la habilidad para resolver eficientemente una clase particular de problemas (agrupamiento de los experimentos de la exposición para efecto de abordaje y problematización a través de estrategias), requiere experiencias diferentes en el aula, tantas para la formulación y pruebas de hipótesis, cuantas en la utilización de estrategias (ibid., p.279-280). En la que existen posibilidades para descubiertas autónomas a partir de procedimientos con ensayo y error. Que van servir no apenas para retención de conocimientos, como también para el desarrollo de habilidades en interpretar diferentes situaciones problemas. La habilidad de resolver una clase particular de problemas de manera eficiente requiere experiencias distintas que ahí precisan ser relacionadas tanto en la formulación y pruebas de hipótesis, cuanto en la utilización de estrategias. Así en la descubierta por ensayo y error es necesario que se desarrollen habilidades, se adquiera experiencias en aquello que se puede o no se puede hacer, en razón de los aciertos y errores que pueden ser cometidos (ibid., p. 281). En este contexto es preciso llevar en cuenta la práctica traída para realizar tareas, y para la solución de problemas (tanto teóricos cuanto experimentales). Una vez que, para generar algún tipo de aprendizaje que traiga significados científicos es necesario que el aprendiz traiga su historial (*background*) adecuado de elementos básicos que le permita tener la capacidad de apreciar los principios metodológicos que están por detrás de la realización de tareas y de la solución de problemas. La no existencia en el aprendiz de una madurez adecuada para vislumbrar la sofisticación oriunda de la ciencia debe llevar a una incapacidad de obtener un descubrimiento autónomo. Lo que debe traer el caos y una pérdida de tiempo para una actividad de enseñanza preocupada con la atribución de significados adecuados (ibid., p. 282).

Por su vez, asociada a una madurez adecuada (subsumidores adecuados), a predisposición para aprender es uno de los mayores pre-requisitos para el aprendizaje

significativo. Aquí nos interesa hacer referencia a una disposición corriente traída por el sujeto que aprende como una condición ocasionada por un hecho nuevo para la actividad de enseñanza-aprendizaje (ibid.). Como en el caso de esa investigación, cuando elaboramos una programación de la exposición del Centros de Ciencias en acción integrada con la programación escolar. Obtener una predisposición del alumno para con la disciplina escolar Física/Ciencias a partir de una enseñanza más contextualizada y que utilizaba los experimentos de la exposición. Una forma de proceder pensando en llevar al aprendiz a interesarse más por el contenido de lo que estaba siendo mostrado en la exposición y por las actividades desarrolladas en la escuela.

Ausubel *et al* (1980), sugiere que, aunque el profesor desempeñe una función relevante y decisiva en la orientación del aprendizaje del alumno, el camino más promisor para mejorar el aprendizaje escolar sería invertir en la mejora de los materiales de enseñanza. Que necesitarían ser presentados a los alumnos con énfasis en las ideas más generales e inclusivas y haciendo referencias más ocasionales a otras ideas importantes. Segundo Ausubel *et al*, la utilización de estos materiales requiere trabajar con estrategias de dominio de aprendizaje, que ocurra por una sucesión de unidades de estudio compatible con la teoría de asimilación (que lleve en cuenta una relación de jerarquía sistematizada de presentación de conceptos y proposiciones). Lo que exige un abordaje al contenido de la programación de enseñanza por un proceso de diferenciación progresiva y reconciliación integradora, y que aún utilicen relaciones analógicas para trabajar con las diferencias y similitudes existentes en los fenómenos abordados. Una estrategia didáctica de enseñanza que incorpore estos aspectos diferenciadores y reconciliadores puede dinamizar el proceso para ocurrencia del aprendizaje (ibid., p.293-294). Mientras tanto, para que eso ocurra a la mente de las personas precisarían conseguir establecer significados adecuados al material en estudio. (ibid.).

Existiendo dificultades asimilativas, delante de la exposición o en las actividades de aula, por la ausencia de una base de anclajes adecuados que favorezca a retención de la nueva información, las estrategias deben ser ajustadas para actuar inicialmente como organizadores previos a la nueva información para después irse profundando delante de los fenómenos (haciendo que fuese posible en el abordaje a los experimentos durante la visita y en las acciones de la escuela para atender las necesidades de adecuación) (ibid., p. 296-300). Las estrategias didácticas elaboradas (presentadas en el Capítulo 4), conjuntamente con el material escrito fornecido al profesor, acrecido de los textos ya adoptados por la

escuela, son recursos que pueden auxiliar en la formación de una base de conocimientos y aptitudes que sirvan como anclaje a la programación de enseñanza. La verdad es que, un abordaje de la enseñanza (como la del tema Energía), requiere una base de conocimientos y aptitudes intelectuales adecuadas al desarrollo de abstracciones conceptuales, que deben requerir “variaciones de ritmos de aprendizaje”, que aún deben contemplar otras variables, como la motivación de los alumnos (ibid., p.300).

Ausubel *et al*, sugiere que en un planeamiento de enseñanza el material programado contenga inicialmente un número pequeño de conceptos y consecuentemente de proposiciones, para que estas materias de enseñanza faciliten en las tareas y promuevan aspectos motivacionales. También sugiere que se empiece un curso de ciencias trabajando estos conceptos a través de actividades de campo (ibid., p. 306). En esta investigación esas actividades se encuentran relacionadas a la visita de la exposición del Centros de Ciencias.

En este contexto, el papel de los recursos educacionales, considerado aquí como medios, que el profesor va a usar con el propósito de enseñanza (la exposición de experimentos elaborada por una secuencia de procedimientos estratégicos), pasa a tener una función que está siendo ampliada en la programación de la escuela. No estando limitado al enriquecimiento de una clase del profesor para complementar la transmisión regular efectuada en el aula, y sí para establecer un punto de partida para hacer parte de la rutina de la programación que el profesor trabaja con los alumnos. Un planeamiento estratégico en este sentido constituye una forma de hacer con que el contenido trabajado llegue a los alumnos de manera más clara y efectiva para poder estimular el interés por el aprendizaje (ibid., p. 312-313). Ausubel, no descarta la necesidad de que se utilice el recurso de prácticas experimentales en la enseñanza sino de ciencias, como una alternativa metodológica para auxiliar a los alumnos en la comprensión del asunto en curso. Acentuando que, este tipo de actividad tiene la función de mostrar el método de hacer científico integrado cuidadosamente al contenido de textos escritos (la fundamentación teórica trabajada por el profesor) (ibid., p.314-316). Existe también en la teoría ausubeliana una preocupación con la organización de la programación de enseñanza. Al utilizarse temas persuasivos y recurrentes desde el inicio (que consigan integrar o inter-relacionar varias ideas generales y amplias). Observa, pero, que esta característica normalmente no es encontrada en los libros de texto de la programación escolar (ibid., p.311).

Delante de la necesidad de organizar el abordaje de una programación de enseñanza, que se preocupe en integrar un tema de naturaleza generalista, vamos enfocarnos

en algunos fundamentos de la utilización de estrategias, en el sentido de obtener subsidios sobre lo que representa este recurso en el proceso educacional.

El uso de estrategias de enseñanza ha sido un procedimiento que se ha vuelto muy presente en la literatura en las investigaciones en educación. Un procedimiento que viene siendo considerado como muy importante en la estructuración del discurso para abordaje de una programación de enseñanza y para quien planea una acción con diferentes propósitos en la interacción entre los sujetos presentes en el sector académico y en las instancias de divulgación de la ciencia. Se trata de un concepto que permite referirse a situaciones muy diversas, que pueden llevar a diferentes definiciones de lo que sea una estrategia. Mientras tanto, en toda definición de estrategia precisa haber una composición entre la organización y el medio envolvente que condiciona a la actividad que va a estar direccionada. Esta relación entre organización y envolvente, es lo que va a dar sentido al concepto de estrategia en sus especificidades. La verdad es que toda vez que utilizamos el término organización, existe subyacente un comportamiento estratégico que puede estar implícito o explícito. Las estrategias en su naturaleza precisan ser planeadas y ejecutadas: con estos dos aspectos de género necesitando ser convergentes (Nicolau, 2001).

No obstante, según Nicolau (2001), la formación de la estrategia como un proceso de construcción permanente es compleja, una vez que, las perspectivas anteriores de su elaboración/ejecución, no la describen en todas sus dimensiones delante de diferentes contextos sociales en que son colocadas. El sistema de planeamiento formal precisa concentrarse en aspectos de comportamientos y aspectos organizacionales. Una vez que, mientras el abordaje de comportamiento conductual se profundiza en las relaciones psicosociológicas de capacidades y comportamientos en el proceso de formación de la estrategia, en el abordaje organizacional o planeamiento necesita estar direccionado al contexto a la que se aplica (ibid.). No obstante, cuando existen alteraciones profundas e imprevisibles en el medio envolvente, la estrategia no se desenvuelve a través de procesos claros, ordenados y controlados (no puede encontrarse implícita ni puede estar integralmente explícita en documento). Debiendo en este caso ser formada/ajustada delante del proceso de aprendizaje, en las acciones que van ocurriendo en el envolvente. Por su vez, la formación de la estrategia en la organización de una acción, cualquier que sea su finalidad, debe envolver tres factores: un esfuerzo de racionalización, un planeamiento estratégico, y una negociación con actores internos y externos que lo vuelva este planeamiento aceptable y flexible para llevar en cuenta las sutilezas que ocurren en el

envolvente (ibid.).

La Psicología Cognitiva basada en la Teoría del Procesamiento de la Información viene concentrando esfuerzos en esclarecer como los seres humanos adquieren, almacenan y utilizan las informaciones. Los adeptos de esto, destacan la importancia de trascenderse la enseñanza de los hechos buscando conocerse los medios estratégicos que faciliten la apropiación por parte de los estudiantes, cuando usan sus procesos psicológicos que llevan al aprendizaje de los hechos. En este contexto, se apunta como un camino fructífero para la enseñanza, las estrategias de aprendizaje que envuelve una auto-regulación del aprendizaje (Boruchovitch, 1993; 1999; Graham, Harris y Mason, 2005; Pozo, 1996; Pressley y Levin, 1983; apud Boruchovitch, 2007).

De acuerdo a Boruchovitch, 2007, las intervenciones a través de estrategias de aprendizaje pueden ser del tipo: cognitivas, meta cognitivas, afectivas y mixtas. Las intervenciones del tipo cognitivo son volcadas para el trabajo con estrategias de aprendizaje sobre el material específico a ser aprendido que trabajan diferentes procedimientos (como el de subrayar, apuntar). Mientras que, la del tipo meta cognitivo orientan para apoyar los procesos ejecutivos de control (como el planeamiento, el seguimiento y la regulación de los procesos cognitivos y del comportamiento), una vez que ahí, el aumento del conocimiento meta cognitivo está siendo pensado como una forma de desarrollar un control ejecutivo de la tarea. Ya las intervenciones del tipo afectivo se destinan a controlar, modificar y procurar eliminar estados psicológicos internos en el aprendiz que se muestren en el proceso como incompatibles con la predisposición y la concentración necesaria al buen andamiento de las actividades. Sin embargo, ha predominado más recientemente, la utilización de una intervención estratégica del tipo mixto, que desempeñen una función de incorporar y combinar los fundamentos contenidos en las anteriores (con actividades volcadas para el progreso cognitivo, para el desarrollo meta cognitivo, y para la promoción de un estado de equilibrio interno adecuado para que se tenga una predisposición para la racionalización) (Boruchovitch, 2007).

La literatura ha mostrado que la intervención por estrategias de aprendizaje mejora de forma expresiva el desempeño escolar de los alumnos, en todos los segmentos de la escolarización formal. En líneas generales, ha sido constatado que intervenciones de esta naturaleza, son útiles para reducir deficiencias en el procesamiento de la información en diversas áreas del saber, contribuyendo no sólo con la regulación cognitiva ligadas a procedimientos y esquematizaciones para comprensión del conocimiento científico, y aún

contribuyendo con aspectos afectivo-motivacionales relacionados a la auto-regulación del comportamiento del alumno para el aprendizaje (Graham y Schwartz, 1993; Graham, Harris y Mason, 2005; Macarthur, Hattie, Biggs, y Purdue, 1996; Pressley y Levin, 1983; Souvignier; Mokhlesgerami, 2006; apud Boruchovitch, 2007 ).

Por su vez, en las estrategias de la enseñanza CTS sus abordajes más efectivas generalmente indican, que sus materiales de enseñanza son mejores organizados, ante la siguiente secuencia (Aikenhead, 1994a; apud Mortimer *et al*, 2000): la introducción de un problema socio-científico, seguido del análisis del alcance social del tema, después del estudio del contenido técnico-científico relacionado, y luego culminando con un retorno a la discusión de la cuestión del alcance social original; para reforzar la importancia de los aspectos más generales e inclusivos del contenido técnico-científico explorado. Mortimer, et al (2000), aún refuerza que, abordaje del contenido científico problematizado se debe adherirse a temas de relevancia social que puedan despertar la predisposición para el aprendizaje en conceptos y proposiciones.

En nuestro estudio, cuando elaboramos las estrategias para abordar el tratamiento que debe ser dado al contenido de la enseñanza de la programación (principalmente durante la presentación de los experimentos de la exposición) procuramos también llevar en cuenta algunos aspectos de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. Una teoría que va a fornecer subsidios complementares como planear una estrategia con énfasis en conceptos y proposiciones contenidos en los experimentos, para de ahí colocarlos como “clase de situaciones”. Vergnaud, en su teoría psicológica del *proceso de conceptualización de lo real*, se preocupa con el funcionamiento cognitivo de cuándo el sujeto se encuentra en una situación de aprendizaje (Vergnaud, 1994, apud Moreira, 2002). En su teoría el desarrollo cognitivo depende de situaciones y de conceptualizaciones específicas que necesitan ser verificadas, en el proceso de asimilación del día a día en el aula. En razón de esto es necesario tener interés y preocupación con la estructura del conocimiento a ser enseñado. Alertando para el hecho que, de una asignatura para otra y entre diferentes áreas, parece que las dificultades de los estudiantes no son las mismas delante de las especificidades allí encontradas (Vergnaud, 1993). Lo que requiere dentro de los intereses de esta tese elaborar procedimientos estratégicos diferenciados.

La idea de campo conceptual introducida por Vergnaud consiste en un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, estructuras, relaciones, contenidos y operaciones del pensamiento que se encuentran conectados unos a los otros y

probablemente entrelazadas durante el proceso de adquisición (Greca, Moreira, 2002). Un punto importante de esta teoría para estructurar nuestra programación de enseñanza es que, la adquisición de un concepto perteneciente a un campo conceptual, depende de un conjunto de situaciones (que podrían estar contenidas en el cuerpo de algunos experimentos afines), pero cuyo dominio aún requiere el dominio de varios otros conceptos de naturaleza distinta con que se relaciona (también presentes en estos experimentos). La ampliación del significado de este concepto debe ser construido a través de un proceso evolutivo gradual a lo largo del tiempo (delante de sucesivas visitas a la exposición en alianza con el acompañamiento de la programación escolar) (ibid.). La teoría de los campos conceptuales por su naturaleza cognitivista propone una estructura coherente y principios básicos para arreglar el contenido de la programación de enseñanza que puede servir para el aprendizaje de competencias complejas (como las inherentes al tema Energía) (Vergnaud, 1993). La estructuración de la programación de acuerdo a Vergnaud debe promover filiaciones y rupturas que precisan ocurrir en las ideas traídas por el sujeto para la adquisición de “conocimientos”. Se trata de una teoría psicológica que procura fundamentarse en la práctica cotidiana escolar, buscando acompañar de qué manera ocurre la retención y el mejoramiento de conceptos científicos en las personas (ibid.).

Para que un individuo domine la resolución de una clase de problemas, significa ser necesario que él haya desarrollado esquemas eficientes para tratar de todos o casi todos los problemas inherentes a esta clase (donde a partir de ahí, el carácter problemático de esta clase específica desaparece). Lo que puede llevar a capacitarlo para comprender nuevas propiedades y relaciones, que pueden llevar a reconocer y planear nuevos problemas, que deben llevar nuevas situaciones, que van a requerir nuevos esquemas, en un proceso ciclo continuo, en el desenvolvimiento de la estructura cognitiva (ibid.). Vergnaud procura con su teoría desvendar la complejidad del desenvolvimiento cognitivo a partir de una busca de como se efectúan las relaciones entre esquemas mentales, conceptos y representaciones simbólicas (ibid.).

De acuerdo a Vergnaud, el corazón del desenvolvimiento cognitivo es la conceptualización que efectuamos acerca de las cosas que precisamos saber. La apropiación de conceptos exige un proceso de mediación entre los modos simbólicos de representación de las cosas (los significantes) y los objetos del mundo material (la realidad), la que tenemos que dar significados (Palmero, Moreira, 2002). Para Vergnaud (1993), el dominio de un concepto no se encuentra reducido a su definición o a un simple significado teórico y esto

ocurre cuando sabemos utilizarlo para resolver las situaciones-problema. Es importante recalcar que, una propuesta de enseñanza, sólo va a volverse una situación de aprendizaje por un proceso implícito que ocurre internamente en la mente del sujeto (que no tenemos un control directo), por mejor que sea la estrategia didáctica elaborada para auxiliar en la solución (ibid.).

Un campo conceptual como el de Energía contempla un conjunto muy diversificado de situaciones a ser explorada. En razón de esto al elaborar una programación de enseñanza para tratar de este tema, necesitamos limitarnos a un recorte del tema para efecto de no envolver muchos conceptos y proposiciones en razón del control que precisamos ejercer en nuestro proceso investigativo. Existe así una elaboración pragmática por detrás de un campo conceptual que estructura su funcionamiento. Recordando que este referencial teórico está siendo utilizado en este estudio apenas para disciplinar y delimitar los conceptos y proposiciones que estaremos utilizando como marco teórico investigativo. Visando ampliar los subsidios teóricos inicialmente colocados en este ítem por la perspectiva ausubeliana, para el desarrollo de las estrategias didácticas de la programación sobre Energía. En este sentido, la concepción del tema Energía como un campo conceptual vino a sistematizar una secuencia en el abordaje de los experimentos durante la visita. Al mismo tiempo vino a mostrar con detalles los caminos estratégicos de como los experimentos deberían ser agrupados, como “clase de situaciones”. Fue posible así, agrupar los experimentos en conjuntos por la comunión de conceptos e principios relevantes afines, presentes en cada “situación”. Las situaciones de enseñanza que proponemos explorar en el abordaje al contenido, como un campo conceptual, fueron criadas a partir de nuestra vivencia como especialista de la exposición, observando las dificultades de los alumnos delante de los fenómenos experimentales a lo largo del tiempo que actuamos en la presentación de la exposición en el Centros de Ciencias local. Para eso la exposición fue considerada como estrategia didáctica por excelencia con condiciones de dar inicio al proceso de retención de significados por el sujeto delante de un contenido teórico que era asociado y complementado en la acción escolar.

El hincapié de un planeamiento de enseñanza en conceptos, también se encuentra prevista en la teoría de asimilación ausubeliana, lo que implica en la necesidad inicial de establecer criterios para identificar conceptos fundamentales en separado de los conceptos secundarios en un campo de estudio. Para en seguida con base en el conocimiento instituido para el estudio, establecer criterios para una ordenación con que los mismos deban ser

presentados. En que, los conceptos y las proposiciones más generales deben ser colocados al inicio. Quedando estos conceptos sujeto a un proceso de diferenciación progresiva y de reconciliación integradora, un procedimiento que debe ocurrir hasta llegar al tratamiento de conceptos y proposiciones más específicos y secundarios (Ausubel, 1980; p. 296-300).

Cómo fue posible acompañar, existió en este ítem una preocupación con el contenido psicopedagógico utilizado como soporte a la estructuración de la programación de la enseñanza propuesta. Como la idea central fue la de buscar subsidios para la elaboración de una programación con condiciones de promover el mejoramiento de la estructura cognitiva de los alumnos. En razón de ampliar y calificar subsumidores relevantes a la solución de cuestiones y problemas en el cuerpo del tema en estudio. La idea fue la de estructurar un abordaje que promueva una capacidad en el individuo, en colocar conceptos y proposiciones asimilados, para ser utilizado en la solución/descripción de los fenómenos inherentes a la programación (tanto para atender a los alumnos en los dos niveles de la enseñanza primaria y secundaria investigada, y para que puedan ser transferidos para facilitar en la solución/ interpretación en situaciones que ocurran en fases posteriores de la vida de cada uno) (ídem, p.300).

### **3.5 La Alfabetización Científica.**

En la ciencia pos-moderna de la actualidad vamos a encontrar una profunda mudanza de comportamiento por la perspectiva asumida por esta y haber pasado a ser una techno ciencia. En verdad el desarrollo histórico de la ciencia muestra que el proyecto de la techno ciencia era algo que estaba siendo construido progresivamente desde el siglo XVI (Santos, 2001). En esta época, grande parte de los científicos eran también técnicos que hacían ciencia valorizando no solamente su razón y formalismo matemático, mas, también, buscando una comprobación o aún una justificativa teórica a partir de la interacción con el experimento. Lo que pedía muchas veces, a la invención tecnológica para una observación mejorada del hecho. Mientras tanto para fines prácticos del desarrollo social, la ciencia y la tecnología caminaban en separado. La ciencia y la tecnología en principio, no son instancias que tengan que ser vistas entrelazadas. La ciencia y la tecnología se presentan con objetivos, finalidades, metodologías, prácticas y discursos propios trayendo de esta forma naturalezas y conceptos diferentes. Mientras que la ciencia esencialmente presenta una dimensión ontológica, la tecnología presenta en su esencia una dimensión pragmática.

A pesar de estas diferencias en sus raíces, en la actualidad procurando resguardar la necesidad y la existencia de la investigación fundamental, la relación entre ciencia y tecnología es cada vez más orgánica. La ciencia y la tecnología son dos instancias que hoy se retro-alimentan por la eficacia operativa de la tecnología tenemos un grande indicador de científicidad y por su vez la teoría científica es un importante instrumento para la acción, para la manipulación, para la construcción, para la industrialización, y para la transformación en diferentes sectores de la sociedad (ibid.).

La orientación instrumental de la investigación científica actual precisa trabajar con una base de conocimientos que muestren resultados potencialmente utilitarios, para atender al mercado de consumo. Así el vínculo entre la ciencia y la tecnología se establece por la necesidad para que la organización social obtenga éxito lucrativo, el fin utilitario (ibid.). En la actualidad la dialéctica existente entre conocimiento y producción nos lleva a modos de producción del conocimiento diferente del discurso científico al cual tradicionalmente estábamos habituados. La ciencia deja de ser un sistema de representación de hechos naturales, sociales, para constituirse en un modo de acción, de intervención social (Santos, 1999; Oliveira, 2002; Praia *et al*, 2005). Pasa también a existir una distinción esencial entre lo que es ciencia disciplinar (normal instituida en los ambientes de formación académica) de la tecnología presente en el cotidiano de la sociedad contemporánea (Santos, 1999). Así para atender a las ansias de un ejercicio de ciudadanía actualmente la escuela viene siendo cobrada para direccionar su acción para un sistema de estudio que integre: ciencia, tecnología, y sociedad (sistema CTS), en una perspectiva que vino a ser denominada de alfabetización científica y tecnológica, o simplemente alfabetización científica. Un fuerte argumento para la enseñanza dentro de los sistemas CTS es la de preparar ciudadanos formados con conocimiento útil que tenga significado social y funcional para la comprensión de las cosas de la vida y para atender a las expectativas del trabajo. En el mundo actual para comprender las cuestiones colocadas en la sociedad referente a la ciencia y tecnología las personas necesitan ser científica-tecnológicamente alfabetizadas (Santos, 2001). Es algo semejante a la exigencia básica de saber leer y escribir, ser alfabetizado lingüísticamente, ocurrido con la finalidad de integración del ciudadano en la sociedad industrial del siglo XIX (ibid.). Lo que ha colocado la educación científica escolar de la actualidad como un factor de transformación social (Gadotti, 2000; Esteban, 2003)

A pesar del proceso evolutivo de la perspectiva CTS de enseñanza, haber iniciado

sus primeras experiencias en mediados de los años de la década 60 del siglo pasado, hasta la década setenta vigora prácticamente en todo el mundo los currículos de enseñanza en la secundaria (secundaria obligatoria, entre otras denominaciones). Sus propuestas de enseñanza tenían como requisitos, que los estudiantes dominasen los conceptos y los procesos científicos inherentes a cada teoría, en una preparación para enfrentar los exámenes de admisión de la universidad. A partir de la década ochenta esta perspectiva va siendo modificada para la enseñanza de ciencias a partir de aspectos sociales y personales del propio estudiante, dando inicio a nuevas tendencias curriculares diseminadas en todo el mundo (Hodson, 1993 apud Furió *et al*, 2001; Stephen *et al*, 2000). Nuestro interés particular es el de tratar, el movimiento que asocia ciencia, tecnología y sociedad, cuya propuesta es direccionada a una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas en una formación para una inclusión social en el ejercicio de la ciudadanía dentro del contexto de la sociedad científica-tecnológica actual (Santos, 2000; Chassot, 2003). Una alfabetización en conocimientos científicos tecnológicos, necesaria para orientar para que las personas participen con consciencia y sentido crítico en su día a día para las decisiones que necesitan tomar en una sociedad que paso a integrar a la ciencia como cultura (Stephen *et al*, 2000; Kumar *et al*, 2000). Nos encontramos delante de una sociedad que, entre los pros y los contras de su beneficio, se queda cada vez más rehén a los avances científicos y tecnológicos y orientados a padrones consumistas (Auler y Delizoicov, 2001). En este contexto de mudanzas en la forma de vivir en sociedad, el sector oficial que administra la educación viene estimulando ha algún tiempo, para que, los sectores académicos especializados efectúen investigaciones didácticas que traigan resultados de como efectuar una mudanza del paradigma educacional (Cronin-Jones, 1991, apud Furió *et al*, 2001; Kumar *et al*, 2001). A pesar de que los estudios en alfabetización científica resaltan para la importancia del papel del profesor de la enseñanza escolar, en la reformulación de la práctica curricular en el aula, existen obstáculos epistemológicos muy grandes, oriundos de las prácticas traídas de la enseñanza tradicional, que dificultan la implantación de nuevas prácticas.

¿Para qué se enseña Física en la secundaria de forma obligatoria? ¿Cuál es la medida del alcance en un patrón cognitivo, entre la enseñanza de Física y los nuevos objetivos de alfabetización científica (en la concepción de ciencia para todos)? (Bell, 1998, apud Furió *et al*, 2001). Enseñar Física con el pensamiento de preparar a todos para que un día sea especialista en Física o en áreas relacionadas, no sería esta la idea. La enseñanza tradicional se preocupaba con aprendizajes específicos en contenidos, conceptos, relaciones,

definiciones, leyes y principios, volcados exclusivamente para la formación propedéutica a la carrera científica (Pozo, 1997, apud ibid.). Pero, en las nuevas propuestas de enseñanza, el contenido deja de ser un fin para ser un medio por el cual se desarrollan potencialidades cognitivas. Necesarias para enfrentarse a las rápidas transformaciones traídas por la tecnología, con sentido crítico, para interpretar los hechos diarios que llegan por el noticiario. Para tomar decisiones teniendo consciencia de los beneficios y maleficios para la vida y para el medio ambiente, de los artefactos, utensilios, alimentos, entre otros productos, bienes y servicios creados por el avance científico-tecnológico. Lo que incrementa diferentes sectores de la economía: el comercio, la industria, la agricultura en todo mundo contemporáneo, a pesar de las incertezas, para formas más adecuadas de vida y oportunidades de trabajo.

El sistema educacional escolar precisa tener una concepción bien clara, para que el estudiante de manera general tenga una formación para el ejercicio de una amplia ciudadanía necesita prepararse para la posibilidad de participar de las “aventuras intelectuales de la ciencia y de la tecnología que marcan el curso de su vida” (Santos, 1999, 2001). En verdad es que toda una cultura social tecnológica adquirida por la sociedad que tiene influencia en el bienestar, en la alimentación, en los medios de comunicación y de locomoción, viene a desarrollar un “imaginario social” que se está volviendo cada vez más técnico, que genera ficción científica (ideas pre-concebidas aún no implementadas por la tecnología), que va a retornar a los medios de producción para generar impactos en la génesis tecnológica (Santos, 2001). Las decisiones de desarrollo de bienes de consumo no deberían quedar restringidas a la dimensión humana de apenas pequeños grupos desarrolladores (científicos especialistas), o de políticas socioeconómicas de bienes de consumo restringido a minorías, o aún a pequeños grupos de consumidores de la sociedad, entre otros segmentos minoritarios de la sociedad gestores de la producción de estos bienes (ibid.). Para que esta dimensión humana sea ampliada es necesario que en la cultura de una sociedad no se ignore en la realidad técnica una realidad humana (Simondon, 1989).

En la tecnología vamos a encontrar los componentes: humano, social, cultural, científico, donde las decisiones, las críticas, los aciertos y los errores no pueden quedarse concentrados en la responsabilidad de los científicos. Una sociedad consciente como un todo, podría en diferentes niveles y contextos, trabajar en la construcción para establecer lo que es viable tecnológicamente, sin agredir la vida de una manera general (Santos, 1999, 2001). El papel de la alfabetización científica en la escuela tendría que incorporar todos

estos aspectos que naturalmente no estarían inseridos en los contornos de la enseñanza de Física/ciencias de la escuela.

La ciencia no puede más ser vista por el ciudadano apenas como algo extraño, inaccesible y peligroso. Algo donde sus avances traen desconfianzas, incertezas, donde no se percibe que hace parte de la cultura humana (Furió *et al*, 2001). El hombre actual cada vez más, precisa actuar como un ser científico, a partir de un conocimiento que precisa saber cualquier individuo que se considere con instrucción. La ciencia necesita ser vista como parte de la cultura humana fruto del esfuerzo racional de muchas personas a lo largo de varias generaciones con éxitos y fracasos. Una ciencia, influenciada por creencias y dogmatismo, por la capacidad racional y por las limitaciones del pensamiento humano. Una ciencia, elaborada para responder una infinidad de cuestionamientos del mundo a nuestra vuelta (ibid.).

La enseñanza tradicional influenciada por el positivismo lógico actuó con una visión de ciencia que, en muchos aspectos, condicionó a la visión de la enseñanza tradicional practicada muchas veces para una formación propedéutica. Los profesores actuales en toda su escolaridad fueron muy influenciados por el tradicionalismo, lo que, en la mayoría de los casos, crea mucha dificultad para que se sensibilicen y tengan una inclinación para otra concepción de enseñanza. Así, las implicaciones con nuevas didácticas de enseñanza son dificultadas cuando el profesor continua a asumir una educación dentro del carácter propedéutico tradicional y formar alumnos en la enseñanza primaria y secundaria, que llegan a la licenciatura, influenciados por la misma concepción de enseñanza de donde se formó (Gil *et al*, 1991, apud Furió *et al*, 2001). El ciclo vicioso ahí desarrollado viene impidiendo a la grande mayoría en actuar dentro de una nueva concepción educacional. En la situación brasileña ya se pasó más de una década y la reforma dio apenas pocos pasos y prácticamente aún se encuentra en el papel. Por lo menos, en nuestra región del noreste brasileño ha encontrado mucha resistencia para su implantación. Sin embargo, otras reformas educacionales en el exterior, anteriores a la brasileña, también han mostrado encontrar las mismas dificultades (Furió *et al*, 2001).

Por otro lado, los medios de comunicación ya han percibido las limitaciones de la escuela tradicional, y la carencia del estudiante y del público en general, que necesita tener una mejor comprensión de los problemas que le cerca. De esta forma los medios de comunicación en general ha buscado, cada vez más, integrar en su programación, la transmisión de conocimientos de naturaleza científica-tecnológica en su periodismo, en las

películas, en la red de Internet, una iniciativa originada en sectores científico-educacionales y en el periodismo científico (Hernando, 1982; Meadows, 1998; Almeida *et al*, 1993). En otra instancia, los organismos oficiales mundiales, que se preocupan en desenvolver la vida en sociedad, han procurado en todo mundo estimular una expansión de la red de museos y centros de ciencias (Di Maggio *et al*, 1978; Gil, 1988; Salmi, 2003). El objetivo de esta iniciativa, fue el de divulgar conocimientos y orientar a la comunidad en situaciones de sus intereses, utilizando muchas veces una metodología y los recursos disponibles ,dentro de lo que está denominándose, de nuevas tecnologías de enseñanza. Los recursos de multimedia para la enseñanza, las exposiciones científicas de los museos, se han mostrado como situaciones de enseñanza-aprendizaje, interesantes y bien más atractivas, que el discurso tradicional del profesor en el aula de la escuela. Una de las perspectivas más viables que tenemos hoy para la actualización de la formación escolar, es la de buscar trabajar en una formación para la alfabetización científica que atienda a los intereses locales, buscando encontrar espacio en el contexto de una determinada cultura. Delante de conceptos culturales y realidades socioeconómicas de cada región, van a existir diferentes orientaciones de como concebir y envolver esa tríada (ciencia, tecnología y sociedad). Sin embargo, debe ser dado, al conocimiento tecnológico el lugar que las condiciones sociales puedan requerir del mundo moderno (Furió *et al*, 2001).

Como veremos a seguir, existe una contribución muy grande de libros que se preocuparon en explorar la perspectiva de enseñanza para la alfabetización científica. El libro de Latour (1991), por ejemplo, efectúa una revisión crítica sobre ciencia y tecnología a partir de una relación que establece por medio de un análisis sociológico del significado de poder en el papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea. La posición asumida por el autor es la de que sean reformuladas las relaciones que se establecen entre los conceptos de poder y de organización social, mostrando que estos conceptos precisan ser vistos de forma entrelazada. En otra obra, Cheek (1992) aborda la “literacia científica” envolviendo cuestiones que se encuentran en el seno social para mostrar la importancia de la perspectiva educacional CTS. La cual enfoca aspectos ambientales procurando hacer indagaciones sobre el futuro del mundo tratando las cuestiones por medio de una comunicación persuasiva y utilizando una filosofía psicológica educacional centrada en el constructivismo-cognitivismo. Por su vez, Kumar y Chubin (2000) en otra obra, traen una visión amplia de la educación CTS, para atender la tarea de alfabetizar. Donde incluye varias metas, en el sentido de volver la ciencia y la tecnología disponible para todos los americanos, principalmente para atender a los que no están

vinculados a una preparación, para poder entrar en la enseñanza superior. La idea era volcar la acción escolar para una preparación para la ciudadanía. Para que las personas puedan competir con suceso en un contexto de una sociedad que pasaba a utilizar cada vez más ciencia y tecnología orientada para un modelo de mercado de consumo global. Y finalmente, Stephen y Cutcliffe (2000), procuran en su libro efectuar un análisis del proceso evolutivo da perspectiva CTS. Presentando una visión del surgimiento del sistema CTS de enseñanza, en sus ideas, mecanismos y valores. El libro también procura mostrar los intereses y preocupaciones de estos autores en la época con esta cuestión. Ya existe así, en la literatura hace algún tiempo, libros editados que efectúan una amplia discusión del significado del movimiento para la alfabetización científica (Latour, 1991; Cheek, 1992; Kumar y Chubin , 2000; Stephen y Cutcliffe, 2000).

La perspectiva de enseñanza CTS, posibilita traer conocimiento científico-tecnológico para la formación de las personas de una manera realista y crítica delante de la intervención socio-ambiental que puede ser promovida. Hoy en día, el dominio del conocimiento, no es apenas, factor de desenvolvimiento, una vez que lo mismo precisa ser realizado con preservación del medio ambiente. Lo que exige una educación diferenciada para convivir con los efectos de la globalización. En la actualidad es consensual la idea que, el desenvolvimiento de un país y la calidad de vida está condicionada al investimento y la calidad de la educación desarrollada (Gadotti, 2000). La verdad es que el proceso educativo exige una elaboración de principios educacionales capaces de reunir recursos que puedan crear condiciones para que una nueva modalidad de enseñanza se configure en la formación de las personas.

Según Freire (1998), es necesario establecer una formación que pueda desenvolver autonomía en las personas para que piensen en los hechos que les son colocados. Lo que se constituye en un instrumento de liberación. Que requiere una metodología de enseñanza para la investigación, que ayude a pensar al sujeto, asumiendo en su formación una postura epistemológica. Lo que requiere que el contenido traído por el profesor para la enseñanza, se vuelva un objeto cognoscible (Freire, 1998, p.24-47). Precisa haber procedimientos, en el contexto educacional, en que el sujeto aprenda a efectuar una reflexión crítica delante de lo que aprende estableciendo una relación dialéctica entre la ciencia que se estudia y el contexto a que la misma se aplica en la práctica. Lo que envuelve en un trabajo del profesor que no se limita más al dominio de la materia para transmitir conocimientos. Es necesario que, delante del contenido de enseñanza, sean asociados intereses socio-políticos y

culturales en relación a lo que está siendo colocado. El propósito de la enseñanza es llevar al alumno a comprender la vida en sociedad interviniendo en el espacio y en el tiempo, en su forma de vivir (Freire, 1996, p. 30-31).

El cambio de paradigma de la educación tradicional en la realidad brasileña, ha ocurrido en un proceso muy lento, por falta de estímulo, investimento e iniciativa oficial, para establecer las transformaciones necesarias. Pero, a pesar, de que el movimiento CTS de la enseñanza está siendo divulgado en todo el mundo acerca de 30 años, por lo que ya registramos en la revisión literaria envolviendo la implantación de la enseñanza CTS, no sería ninguna sorpresa el hecho que muchas personas, hoy en día, por todo el mundo, entiendan muy poco sobre ciencia y tecnología. Requiriendo en los momentos de necesidad, que recorran: a la Internet, a la programación de los medios de comunicación y a la visita de los museos, para buscar informaciones en C&T. Pero, delante de tanta información de interés que viene siendo difundido por los medios de comunicación, la escuela, con los recursos didáctico-pedagógico-metodológico podría procurar sistematizar en su currículo de enseñanza, alianzas en el sentido del desenvolvimiento de potencialidades para la busca de recursos y comprender toda la información técnico-científica traída por los medios de comunicación, y por los museos.

La mayoría de las veces, la escuela con las dificultades que enfrenta, ha contribuido poco y no lo consigue en acciones aisladas, atender a los propósitos formativos para una alfabetización científica más amplia. A pesar de la importancia de la formación escolar, para enfrentar la vida actual, ella ha dejado aún muchas lagunas en la formación de las personas. No tenemos el control, si por cuenta propia, o si con la continuidad de los estudios, los alumnos en otras etapas de la vida van a conseguir superar los vacios dejados por la enseñanza escolar (un hecho que ocurre en la situación brasileña). Sabemos que la enseñanza superior se reciente mucho, por causa de la preparación, traída por los alumnos y que los mismos reciben en enseñanza primaria y secundaria. La escuela, no consigue discutir la naturaleza científica y tecnológica de las cosas, de la vida que utilizamos o somos afectados. No se sabe sobre la influencia y las consecuencias que los bienes de consumo traen para la vida y para el medio ambiente. Normalmente la escuela no consigue oficializar en su proyecto pedagógico un contacto mayor disciplinar e interdisciplinar con los medios de comunicación, y con las visitas a los museos en general. Siendo está una realidad que tendremos que enfrentar en esta investigación.

### **3.6 La Transposición Didáctica.**

Chevallard (1991) en su obra de título: “la transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado”, cuestiona sobre las condiciones de instalación del conocimiento científico en la formación escolar, refiriéndose a las condiciones de como este conocimiento puede ser colocado en funcionamiento, en la práctica de la programación escolar. La condición para que exista transposición didáctica se encuentra relacionada al hecho del funcionamiento didáctico del saber, colocado en el medio social, al ser distinto de su funcionamiento en el medio académico. Esto porque, existen dos regímenes del saber interrelacionados que pueden encontrarse superpuestos, pero que presentan distinciones en las diferentes comunidades en que este conocimiento circula. Por esta razón es que la transposición didáctica ocurre cuando se pasa para el saber enseñado, elementos del saber científico. Normalmente en contenidos tradicionalmente implantados en la enseñanza, esta relación entre esos saberes no aparecen y no existen preocupaciones con la transposición didáctica. Lo que ocurre es que normalmente el saber enseñado se encuentra ligado a si mismo protegido por una “cláusula de consciencia didáctica”, que mantiene un distanciamiento del saber científico académico que le dio origen (Chevallard, 1991).

El concepto de transposición didáctica permite una articulación del análisis epistemológico con el análisis didáctico, es decir, permite el uso de una epistemología para la didáctica. Cuando se observa el funcionamiento didáctico, se revela estar incluido en una verdadera capacidad de producción del saber para fines de auto-consumo. Existen algunas implicaciones para que el problema de la transposición didáctica sea resuelto referentes a: que exista un sistema de enseñanza, en la cual, la enseñanza sea posible, es decir, es necesario que exista compatibilidad del sistema con su entorno); que exista un proyecto social de enseñanza-aprendizaje que se constituya dialécticamente con identificación propia y con designación de contenidos de saberes propuestos como contenidos de enseñanza. Un contenido de saber, cuándo designado como un saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas para volverlo apto a ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza. De esta forma van a existir dificultades entre los especialistas académicos de las ciencias como transposición didáctica en el trabajo de transformar un objeto de saber en un objeto de enseñanza (ibid.). Esta dificultad de adaptación va también existir cuando se pretende salir de la enseñanza por el abordaje tradicional para una enseñanza por el abordaje CTS.

Para asociar ciencia, tecnología y sociedad, formalmente, en una nueva metodología de enseñanza para la alfabetización científica, necesitamos efectuar una transposición

didáctica. Que por lo que acabamos de conceptualizar puede ser caracterizada como el movimiento de saberes científicos para saberes escolares. Siendo recomendable que esta transposición sea acompañada por investigaciones en didácticas de las ciencias. De esta manera, la transposición de la ciencia para la enseñanza escolar es la incorporación de los saberes científicos en los sistemas educativos (Cajás, 2001). Usualmente esta transposición a corto plazo ocurre de manera espontánea. Quedando esta transposición de la ciencia para el día a día escolar a criterio de los escritores de libros de texto. Otras veces, esta transposición es dejada a criterio de las ideologías dominantes, que no trasladan necesariamente, todos los conocimientos relevantes a la que la sociedad necesitaría saber. Esta transposición normalmente se da por un complejo proceso de una comunidad para otra, normalmente, envuelto de muchas dificultades (ibid.). Ciertos especialistas consideran que como el conocimiento científico fue constituido socialmente fuera del ámbito escolar, su introducción al sistema de enseñanza obliga a una serie de modificaciones que afectan su estructura y su funcionamiento (Varret, 1975; Chevallard, 1991, apud Cajás, 2001). La incorporación de saberes científicos en saberes escolares pasa por una serie de problemas teóricos y prácticos fundamentales. Esta transposición ha sido normalmente efectuada de forma un tanto espontánea de manera que, los efectos de los significados de esta translación casi nunca son evaluados en sus implicaciones en la enseñanza a largo plazo. En este acto de planear como divulgar el conocimiento científico, deberían existir dos preocupaciones: una como constituirlo como saber escolar y la otra de impacto social que este conocimiento puede causar en la vida de las personas (Cajás, 2001).

No obstante, ya hace algún tiempo que la investigación didáctica en esta área viene procurando mostrar cómo seleccionar y adaptar el conocimiento científico a sistemas educativos, fenómeno que se resolvió denominar de transposición didáctica, cuando esta translación utiliza procedimientos didácticos. Los criterios utilizados en esta transposición no fueron buscados en lo que piensan individualmente los autores de libros de texto. Tomaron como base principios que intenta promover un discurso científico escolar, el más coherente con el nivel de enseñanza y con la relevancia para la vida. Así, los principios más relevantes que deben ser considerados, cuando se efectúa una transposición didáctica, son los siguientes: la ciencia en la escuela debe ser desarrollada para todos y no solamente para aquellos que pretenden seguir la carrera científica; se debe procurar reducir la cantidad de contenidos en razón de dar un mayor espacio a contenidos más relevantes; aumentar la coherencia dentro de lo que se enseña en ciencias, en el sentido de promover más conexiones en las ciencias con la matemática y con la tecnología; dar más relevancia a

ciencia, matemática y tecnología aprendida en la escuela direccionada para la vida (ibid.).

A pesar de términos mostrados a existencia de avances en la coherencia cognitiva y didáctica de la transposición de conocimientos científicos para la enseñanza escolar, teniendo la concepción de que va a existir aprendizaje, no sabemos exactamente qué función estos conocimientos van a ejercer en la vida de las personas, en el sentido de promover una concientización para tomar decisiones políticas, en el cambio de hábitos relacionados a la preservación ambiental, relacionado a la salud, higiene y alimentación, entre otras funciones. Muy pocas investigaciones fueron desarrolladas con la finalidad de saber cómo a las personas utilizan la ciencia escolar aprendida en ciertos aspectos reales de la vida diaria (Cajas, 2001). El relacionamiento entre ciencia escolar y vida cotidiana casi no viene siendo estudiado, no existiendo herramientas conceptuales para análisis y ni siquiera vocabulario para hablar de lo mismo (ibid.).

Existen intereses comunes entre la escuela y el museo en la visita del alumno, que hace con que esta rápida pasaje por la exposición sea reevaluada en beneficio del aprendizaje, delante de un importante y rico arsenal científico-tecnológico allí existente. La posibilidad de que los museos se vuelvan “socios” de la educación escolar presenta algunas incompatibilidades iniciales en función de la metodología de trabajo y de los objetivos educacionales propuestos por estas dos diferentes instituciones (Alderoqui, 1996). Muchas veces en la visión de la formación escolar, puede trasparecer, que el museo en su función educativa lo vuelve trivial el proceso educativo con una simplificación y una manera infantil del conocimiento agregado a lo que está expuesto. Esto ocurriría para atender a la cuestión de un lenguaje adecuado a los más jóvenes, que podría huir a los verdaderos objetivos educacionales, una vez que en esta investida de adecuación del lenguaje, se puede alterar y dejar vulnerable el conocimiento científico asociado. Lo que, la escuela está cuestionando puede ser visto como la asimilación de una manera “didáctica” en el mensaje para los más jóvenes puede traer pérdida de rigurosidad científica (ibid.). Pero cuando se efectúa una transposición didáctica de un objeto de conocimiento científico se procura transformar el saber disciplinar en saber a ser enseñado, lo que no deja de haber muchas veces, la simplificación del conocimiento con la finalidad de volverlo didáctico, educativo, para que pueda ser comprendido y alcanzado en sus características generales, lo que no debe ser mirado como el de perder rigor. En verdad, el problema de la transposición en la comunicación científica, con el público visitante, es también un problema en la comunicación en el aula entre profesor y alumno. La cuestión es que el museo trabaja con

el conocimiento de grado de dificultad que va de lo simple a lo complejo, en una exposición accesible a diferentes fajas etarias. Mientras que el discurso académico escolar se ahonda en el conocimiento de lo simple para lo complejo de acuerdo con el grado de madurez del sujeto en el transcurso de las series de enseñanza (ibid.). Las diferencias entre la escuela y el museo ocurren mucho más en razón de la manera con que el contenido es explorado de lo que en relación a transposición didáctica (que anticipa la existencia de diferencias, entre el saber científico, del saber a ser enseñado).

### **3.7 Una Formación en Procedimientos y Actitudes a la Resolución de Problemas Experimentales Contextualizados.**

Para ver la necesidad de una enseñanza en procedimientos y actitudes inicialmente vamos a buscar pasar una comprensión actual de lo que se define como contenidos de enseñanza. Los contenidos pueden ser vistos como un conjunto de conocimientos o formas culturales de proceder cuya asimilación para el dominio de los alumnos pueda ser considerada esencial para su desarrollo y socialización. El conocimiento científico más importante para la formación del individuo debe pasar por una incorporación activa, en que se procure promover, al mismo tiempo, desarrollo cognitivo (competencias y habilidades cognitivas para analizar, describir, solucionar hechos científicos) y socialización (una vez que, son conocimientos constituidos y organizados socialmente en el curso de la historia) (Coll *et al*, 1992, p. 12). Para enseñar precisamos estar delante de conocimientos culturales que a pesar de ser presentados de una misma manera para un determinado grupo social, cada individuo lo incorpora activamente de una forma propia, no repetible entre otros elementos, mismo teniendo que interpretar atribuyendo el mismo significado. Mientras que cuando se enseña simplemente para la información y reproducción del hecho, se espera una respuesta única repetida por todos los elementos. Donde se promueve una asimilación pasiva en que el sujeto no tiene la oportunidad de desarrollar procedimientos y actitudes para atribuir significados propios (ibid.).

La manera de proceder en el pasado de la educación escolar en todo el mundo que aún influencia la educación local en el presente, llevó a promoción de una programación escolar que contenía una vasta lista de conocimientos disciplinares trabajados de forma fragmentada y descontextualizada. Algunos sectores de vanguardia de la educación actual viene a la necesidad de reducir la carga de conocimientos disciplinares constituidos para incorporar nuevas tendencias a los contenidos. Que en la actualidad deben llevar en cuenta el abordaje no solamente de hechos y conceptos que necesitan ser mirados por una propuesta de currículo

abierto programado por bloques temáticos. A estos contenidos deben ahora asociarse explícitamente, los contenidos en procedimientos y las actitudes, y aún se debe incorporar la enseñanza de valores y normas (por el contexto social y ambiental). Incluir los procedimientos y actitudes, y las normas y valores en el mismo nivel de importancia para asimilación de contenido de los hechos y conceptos es establecer una atribución formativa bien más amplia que el profesor y la escuela están acostumbrados pedagógicamente a desarrollar (ibid., p. 10,15, 16). Esta manera de ver los contenidos de enseñanza recuerda la perspectiva técnico-científica de enseñanza (sistema CTS).

Considerando que la finalidad de enseñanza-aprendizaje es el de desarrollar competencias y habilidades utilizando la conceptualización y la problematización (contextualizada), vamos a caracterizar que cada tipo de contenido se encuentra rodeado de formas y saberes culturales, desarrollando: en la primera instancia hechos y conceptos; en la segunda instancia procedimientos y actitudes; y en la tercera instancia los valores y normas. El papel del profesor en estas tres instancias de enseñanza en algunos momentos puede encontrarse superpuestos (ibid.). A pesar de la importancia en diferenciar los diferentes tipos de contenidos por una necesidad de diversificarse el aprendizaje escolar, esto no significa que estos contenidos tengan que ser vistos independientemente. Conceptos, procedimientos y actitudes necesitan muchas veces, estar entrelazados y ser aprendidos simultáneamente. Debemos observar que, cada materia de enseñanza tiene su base de datos propios situada en hechos y conceptos casi siempre específicos, como sitúa muy bien la teoría vergnaudniana (a veces aparecen campos conceptuales como el de energía, que puede encontrarse diseminado en diferentes asignaturas o áreas de estudio). Mientras tanto, en relación a los procedimientos y actitudes, a la que nos estamos enfocando más en este ítem, vamos a encontrar estructuras de conocimientos más generales, que permean con más facilidad transversalmente diferentes materias o asignaturas (ibid., p.22 e 23).

Los procedimientos hacen referencia a una manera ordenada de actuar cuando se actúa en determinadas tareas, llevando a cabo la descripción y la sistematización de una propuesta con una determinada finalidad. A pesar de en muchos aspectos, los procedimientos no han constado expresamente por escrito de los contenidos de enseñanza de la programación escolar, ellos estuvieron siendo trabajados implícitamente en muchos aspectos en la enseñanza tradicional. Existe sí, la necesidad ahora de los procedimientos a ser explicitados, de tener su necesidad enfatizada en la estructura curricular como un contenido de enseñanza, a pesar de que en la enseñanza tradicional ya se encuentra implícito a la necesidad de trabajar con hechos y de

conceptos de un contenido (que era explicitado apenas en razón de listar los asuntos de una teoría científica en la programación disciplinar) (ibid., p.75 y 76). Como contenido procedimental se puede entender la comprensión y producción del lenguaje natural (escrito-oral), de la matemática, de la informática, donde se efectúa inferencias y procedimientos. Es por esa razón que el aprendizaje de hechos y conceptos se apoya casi siempre, en el uso de procedimientos previamente aprendidos. Los hechos para ser comprendidos necesitan ser activados simultáneamente a procedimientos y conceptos (a pesar de ser contenidos que presentan principios y fundamentos en separado) (ibid., p. 23 y 24). Como contenidos de procedimientos de la enseñanza, podemos citar el desarrollo de: hábitos, técnicas algoritmos, habilidades, estrategias, métodos, rutinas, entre otros tipos de procedimientos (ibid., p.75 y 76). Como puede ser visto los procedimientos pueden ser amplios y diferenciados, no se tratando de contenidos nuevos, como algo recién inventado. Otro hecho que ya puede ser caracterizado hasta aquí es que, diferentes tipos de contenidos se encuentran conectados por estrechos relacionamientos.

La actitud puede ser descrita como siendo tendencias o disposiciones adquiridas por el sujeto que se mantiene relativamente duraderas para buscar saber, querer estudiar, conocer un determinado objeto, una persona, un suceso, una situación, buscando actuar en consonancia con su evaluación efectuada (Sarabia, 1992). La escuela, el Museo de Ciencias y sectores de los medios de comunicación, funciona como agentes de socialización, pudiendo ser considerados como formadores de actitudes. Normalmente el proceso educativo ocurre en una dinámica donde cada alumno adopta actitudes diferentes con respecto al profesor, a los colegas, a las asignaturas o contenidos de estudio, la propuesta pedagógica, en el sistema educacional como un todo. La adopción de actitudes por cada alumno no ocurre por una sistemática de enseñanza formalizada y consciente. Pero, la actitud no puede ser vista como se fuese apenas un simple acto de espontaneidad del sujeto que no necesita ser trabajado en el proceso educacional. Este hecho ha llevado a los profesionales de educación, delante del acompañamiento y relacionamiento con los alumnos en la escuela, a tener una atención especial, en los procesos de creación de actitudes (ibid.). Según Sarabia (1992), grande parte de las técnicas para la mudanza de actitudes aplicadas tradicionalmente en el contexto escolar tiene base la “teoría de la acción fundamentada” (que trata de explicar de una manera lógica lo que piensan las personas, los componentes cognitivos, cuando se ven sometidas a persuasiones sobre las consecuencias que sus actitudes tendrán en su conducta) (Fishbein y Ajzen, 1975, apud Sarabia, 1992). En esta teoría, una nueva información adquirida por las personas carga un elevado grado de eficacia para la modificación de sus respectivas actitudes. Pero, a este componente cognitivo se debería

acrecentar el componente afectivo y el del comportamiento (Sarabia, 1992).

En los contenidos de enseñanza los hechos y conceptos por principio presentan diferencias en procedimientos didácticos. La comprensión de hechos, por ejemplo, no parece difícil de ser comprendida como tarea de enseñanza dirigida a la memorización. Habría retención de la misma, por el simple acto de la repetición sucesiva del hecho. Pero, es importante que en el proceso de memorización el recuerdo del hecho, traiga significados con un universo de cosas relacionadas a lo mismo. En este sentido sería importante que la memorización de hechos, se encuentre relacionada al contexto de la vida. Para provocar interés y llevar a predisposición para evaluar significados (Coll *et al*, 1992, p. 46 e 47). Para dar significado a las cosas, la mente precisa disponer de actitudes que lleven a una motivación intrínseca a sí misma para atender a cierta comprensión. Una vez que, una razón motivacional traída exclusivamente del exterior puede llevar apenas al simple acto de memorizar (*ibid.*, p. 44).

Con relación a los conceptos, ellos son más difíciles de ser concebidos por un simple proceso de memorización. Lo que lo vuelve a la comprensión de conceptos más compleja de se evaluar significados. Los conceptos son adquiridos a partir de una base conceptual primitiva ya retenida con significados para que se pueda interpretar una nueva información que traigan nuevos conceptos y mejore la base existente. Para eso es necesario que la enseñanza promueva la actividad de descubrimientos y la actividad de exposición (enseñanza receptiva). Pero la diferencia entre la retención por descubierta y la retención por la exposición difiere apenas en la capacidad, en establecer el dominio de conceptos, procedimientos y de actitudes, una vez que por exposición o por descubierta se consigue establecer en la mente significados sobre lo que se aprende. En este caso, existen mucho más puntos de complementariedad entre los dos procesos de que incompatibilidad entre las dos formas de aprender. A pesar de que en la enseñanza expositiva los riesgos de reproducirse la información en el sentido de memorizar sean mayores, una organización de esta enseñanza a través de una estrategia didáctica podría reducir este riesgo.

Mientras que en la enseñanza-aprendizaje por un proceso didáctico donde el alumno actúa investigando, si bien orientado, el alumno debe ser llevado al descubrimiento de conceptos, que debe requerir el desarrollo de potencialidades cognitivas propias a procedimientos y actitudes (Coll, *et al*, 1992, p. 48 e 49).

De acuerdo a Sarabia (1992), el origen y la modificación de las actitudes se producen a través de los siguientes componentes que actúan relacionadas entre sí, que son:

el cognitivo (se refiere a conocimientos, conceptos y creencias); el afectivo (se refiere a sentimientos y preferencias); y el connotativo (se refiere a acciones manifiestas y declaraciones de intenciones). Cualquier uno de estos componentes aislados no se constituye en una actitud, en la interpretación de este autor. Las actitudes son experiencias adquiridas de alguna cosa, de un objeto, de una situación o de una persona para algún fin. Una actitud necesita tener una referencia a algo o a alguien que genere como iniciativa la actitud. La creencia, la concepción y el gusto, no se constituyen en una actitud por no levantar juicios de valor evaluativo, positivo o negativo, favorable o desfavorable, agradable o desagradable, a pesar de que, las actitudes son más consistentes y estables cuando lo que se realiza se encuentra de acuerdo con creencias, concepciones, y gustos. A las actitudes se caracterizan y son expresadas no solamente a través de verbalizaciones. Así no solamente las opiniones, pero también, los gestos entre otros comportamientos permiten que las actitudes sean observables y medibles. La actitud es también predicativa a la conducta social (ibid.). La actitud a depender de su naturaleza, posee las siguientes funciones psicológicas: la función defensiva (delante de las cosas que en la vida cotidiana nos desagradan); la función adaptativa (buscar alcanzar los objetivos deseados y evitar los indeseados); la función expresiva de valores (en comportamientos morales, éticos, de buenas costumbres, consumistas); la función cognitiva (forma de ordenar, clarificar y dar estabilidad al ambiente en que vivimos) (ibid.).

Cuando exigimos los conocimientos previos de los alumnos debemos pensar en sus construcciones personales de su interacción cotidiana del alumno y también en el aprendizaje escolar principalmente en el momento en que se avanza en las series de enseñanza. El conocimiento científico previo del alumno exigido, a la nueva información, varía con la edad y difieren no solamente entre las áreas del conocimiento exigidas. Difieren también, en la naturaleza del contenido con unas más conceptuales y otros más procedimentales, unos más descriptivos y otros más explicativos, unos más generales y otros más específicos, entre otras situaciones (Coll *et al*, 1992, p. 39). El alumno en el aula no puede más estar disponible apenas a reproducir datos, necesitando trabajar en la adquisición de significados en aquello que están desarrollando. Un aprendizaje que requiere actitudes, al involucrarse con ciertos tipos de actividades que requiere procedimientos, en el saber hacer preguntas, en el saber comparar, en el saber relacionar, en el saber representar mediante algunos instrumentos de evaluación (un esquema de categorización y clasificación de conceptos, un mapa conceptual, un teste de asociación, por la solución de problemas, etc.) (ibid., p. 43, 44, 66 y 67).

El aprendizaje de las actitudes en la escuela consiste, en líneas generales, en tratar aquello que el alumno no aprueba en sus valores internos personales y no aprueba como normas externas impuestas por la sociedad. Las reformas actuales efectuadas en la enseñanza en todo el mundo, han procurado hacer mención en sus proyectos, a la educación de las actitudes. Lo que se verifica en la escuela, es que el aprendizaje de actitudes ha sido poco explorada en relación a otros contenidos de enseñanza, como el declarativo (constante del cuerpo de conocimiento de las asignaturas) y como el procedimental (que prepara para la ejecución de procedimientos, técnicas, habilidades, destrezas, etc.) (Sarabia, 1992). El aprendizaje de actitudes es un proceso gradual y lento en que influyen diferentes factores, como la experiencia personal previa, como las actitudes de otras personas a la que se hace una imagen significativa, como la información de experiencias innovadoras y como el contexto sociocultural (instituciones, medios, y representaciones colectivas). Para concluir queremos enfatizar que, existen tres formas de abordaje que se han mostrado como eficaces para obtenerse una mudanza de actitud: propiciar un mensaje persuasivo; el modelaje de la actitud; la inducción de disonancia entre componentes cognitivos, afectivos y de conducta. Es sugerido que estos elementos de persuasión, modelaje y de inducción de cambio de comportamiento sean planeados en situaciones de forma conjunta (Bednar y Levie, 1993, apud Sarabia, 1992). En el abordaje y en la disposición con que elaboramos la exposición de experimentos sobre energía, en el mensaje social que también queríamos pasar en valores y normas, en la formulación del problema en hechos y conceptos, existió la preocupación en su planeamiento de provocar impactos para cambios de actitudes y de procedimientos en relación al comportamiento observado en la práctica tradicional de resolución de problemas en la escuela.

Para Ausubel, la solución de problemas y la utilización de conceptos se sobreponen de diferentes maneras: con los conceptos adquiridos manteniendo una congruencia inmediata (una adaptación) a los problemas de relación, o no manteniendo esa congruencia. En una situación de incongruencia en que la asimilación y uso de conceptos adquiridos, recientemente de ideas nuevas, no repercuten de inmediato, en razón de la solución de problemas exigir más allá del dominio de conceptos, el dominio de como los conceptos se asocian a las proposiciones (definiciones, leyes, y principios) relacionables. Lo que envuelve combinaciones relacionales entre conceptos, proposiciones y lenguajes, que requiere experiencias y habilidades complementares (procedimientos y actitudes), a ser desarrollada en la escuela que atiendan a la solución de problemas [Ausubel *et al*, 1980, p. 80].

Posiciones epistemológicas de características positivistas marcaron negativamente las prácticas y procedimientos del profesor de la escuela en lo que dice respecto al papel de las hipótesis y de la experimentación científica en la enseñanza. Esto porque, en la perspectiva empirista la hipótesis desempeña un papel apagado, una vez que se insiere en un proceso de verificación a partir de un examen exhaustivo de los hechos que determinarán su elaboración. Pero, en la perspectiva racionalista contemporánea las hipótesis desempeñan un papel activo en la construcción del conocimiento científico, una vez que se insiere mucho más en el contexto de probar un hecho de que ser un motivo para descubierta (Cachapuz, Gil-Perez, *et al*, 2005). Por esta razón, en esta nueva concepción, lo que es de interés, es el modo con que las hipótesis son generadas. Lo que trae para su formulación subyacentemente, la imaginación fértil, la reflexión, la inspiración, en un proceso reflexivo de razones especulativas (*ibid.*). Las hipótesis así pasan a desempeñar un papel de articulación y de diálogo entre la teoría y la experimentación (u observación de un fato), debiendo guiar la propia investigación. A pesar de una hipótesis verdadera poder ser distorsionada por las evidencias de los resultados experimentales, en proceso de confirmación sistemática en que persiste una confirmación positiva puede llevar el trabajo de investigación científica a prosperar. Una opción cuidadosa de comprobación se hace a partir de la relación y del diálogo que puede ser efectuado con la teoría (*ibid.*). Esta nueva perspectiva para la actividad experimental viene a exigir actitudes para desarrollarse la capacidad crítica y creativa, lo que puede cambiar el contexto escolar de la enseñanza tradicional, en la forma de proceder del alumno, de un sujeto receptor de conocimiento para un alumno visto como sujeto activo en la adquisición del conocimiento.

La solución de problemas en la propuesta escolar debería constituirse en un contenido obligatorio de carácter procedimental, a orientar los currículos en las diversas áreas de la enseñanza obligatoria. Una vez que, a partir de la solución de problemas, de naturaleza teórica y/o experimental, el sujeto desarrolla acciones organizadas para consecución de metas (desarrolla competencias y habilidades), eficaces para el aprendizaje, dentro de lo que se propone las nuevas reformas para la enseñanza. Para desarrollar este conocimiento de carácter procedimental en resolver problemas no se necesitaría apenas una buena programación en el entrenamiento de resolución, también sería necesario que se propusiese verdaderos problemas que promoviese actitudes favorables en el individuo (Pozo *et al*, 1998, p.14-15). Esperamos que los problemas promovidos por la exposición experimental de la Usina Ciencia-UFAL vengán a constituirse en verdaderos problemas.

Así, enseñar a resolver problemas, es mucho más que buscar desarrollar en el alumno, habilidades y estrategias eficaces, una vez que es también necesario crear hábitos en el proceder y en las actitudes a tomar. Para aprender sobre determinados fenómenos (hechos y conceptos), es menester tratarlos como problemas que necesitan de procedimientos y actitudes de respuestas. La cuestión no es apenas, la de enseñar a resolver problemas, y sí la de desarrollar iniciativas para el alumno llegar a proponer problemas para resolver por sí mismo. La actitud a ser desarrollada en el alumno, es la de que él sepa también procurar respuestas a sus propias preguntas que problematizan. Con eso el alumno necesitaría desarrollar, el hábito en procedimientos, para proponer a sí mismo problemas, buscando resolverlos como forma de aprender. Para resolver los problemas en la actividad escolar a partir de un trabajo integrado a la exposición experimental del museo, el alumno necesita aprender a desarrollar estrategias que permitan planear y organizar la solución. Aunque una estrategia exija el dominio de habilidades y técnicas, ella también incluye la necesidad de otros elementos esenciales como el de la utilización de la meta conocimiento (una tomada de consciencia del proceso de solución de problema). A pesar de la importancia de estos elementos esenciales, difícilmente una estrategia podría ser bien sucedida sin la utilización de conocimientos conceptuales específicos relacionados al problema. Otro componente de apoyo importante son las estrategias de apoyo que incluyen una serie de procesos de actitudes como: la de mantener atención y concentración, estimular la motivación, y la autoestima, adoptar actitudes de corporación en el trabajo en grupo (Pozo *et al*, 1998, p.144 y 145).

La integración de la actividad del museo con la de la escuela puede hacer con que la exposición experimental traiga cuestiones y problemas para ser desarrollados en el aula, dentro de una visión actualizada y crítica de una enseñanza que sigue algunos principios para atribuirse significados. Llevando en cuenta una función actualizada del experimento como recurso de instrucción al aprendizaje y de la necesidad de aprender a trabajar en la resolución de problemas contextualizados en la perspectiva CTS. Observamos también sobre la importancia de tratar como contenidos de enseñanza, las actitudes y procedimientos, al estructurarse una programación más abierta para la escuela, para atender a las ansias de la sociedad actual.

Para finalizar este capítulo vamos a efectuar una reflexión de lo que aún ocurre en la actividad escolar hoy en día. Puede ser considerado que en la actualidad en la comunidad de especialistas en educación en ciencias, casi no se considera más el aprendizaje por el

discurso comporta-mentalista del estímulo-respuesta, del refuerzo positivo, de objetivos operacionales, de la instrucción programada, entre otras estrategias de enseñanza cuya preocupación era el estímulo, el refuerzo con el fin de promover el aprendizaje del contenido. El aprendizaje de un contenido en la actualidad necesita ser visto, como un mecanismo de la cognición del aprendiz en la busca de construir una potencialidad cognitiva, en el sentido, de sólo aprender, atribuir significados, según los principios establecidos, por Moreira, para el aprendizaje significativo crítico. Pero, en el aula, toda esta argumentación aquí colocada, traída de resultados investigativos, productos de un esfuerzo de toda una elite de especialistas, preocupada con nuevos rumbos para la formación estudiantil, es aún muy poco absorbida en grande parte del contexto escolar. Delante de esta realidad, ¿Qué podría ser hecho para llevar el aprendizaje para una estructura no-conductista de enseñanza?

Por la resistencia instituida entre los profesores para efectuar cambios, y por la dicotomía entre lo que predicen las teorías psicológicas de aprendizaje y lo que ocurre en la práctica en el aula, el mejor camino para la escuela, sería en primer lugar, acatar su cultura de enseñanza conductista de forma crítica, en lugar de buscar promover rupturas inmediatas. En segundo lugar, inserir una nueva filosofía y metodología de enseñanza cognitivista-constructivista complementaria, buscando convivir paralelamente con el procedimiento espontáneo conductista, haciendo lo que sea posible para introducir nuevas inserciones, buscando a los pocos subvertir el proceso educacional convencional. Esta será una dificultad que vamos a encontrar en nuestra acción integrada con la escuela, relativa a la metodología de enseñanza. La acción de nuestra propuesta en la escuela dentro de la realidad allí practicada necesita por lo menos buscar estímulos cognitivistas en la programación integrada (lo ideal sería que, el sistema de enseñanza fuese potencialmente significativo). Para esto, cada experimento necesita ser abordado estratégicamente, buscando efectuar, una interacción con una base de conocimientos necesarios, que deben ser organizados previamente, para trabajar las dificultades delante de la nueva información. Lo que puede traer la solución a los cuestionamientos y problemas provocados en la visita a la exposición.

En el capítulo siguiente vamos a presentar la preparación del estudio: la metodología, los procedimientos evaluativos y la programación trazada. Organizamos una preparación para que, delante de las dificultades esperadas, se pueda promover una acción integrada con la escuela, que atienda a las expectativas de estas dos diferentes instancias

educacionales. Mostraremos de que manera, pretendemos acompañar a la investigación en relación a la metodología, la fundamentación teórica y a los tipos de registros de la evaluación cualitativa que iremos utilizar.

# **CAPÍTULO 4**

## **PREPARACIÓN DEL ESTUDIO: METODOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN.**

## **PREPARACIÓN DEL ESTUDIO: METODOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN.**

### **4.1 Descripción del contexto investigativo.**

La Usina Ciencia de la UFAL ya viene a algunos años desarrollando acciones en el sentido de montar una infra-estructura de calidad, para promover divulgación científica. Tratándose de un espacio de apoyo didáctico-pedagógico al profesor y la escuela y de la popularización de la ciencia, que desempeña una función importante de un modo general en la mejora de la calidad de la enseñanza primaria y secundaria local. Alagoas es un estado donde las oportunidades de una educación informal son escasas, constituyéndose también en una región carente en iniciativas educativas innovadoras. Nos encontramos en una región que aún presenta altos índices de analfabetismo y uno de los menores índices de desarrollo humano (IDH) en Brasil. Una realidad que se encuentra relacionada a la falta de oportunidad en el mercado de trabajo y a graves deficiencias en el sector educacional (principalmente con relación a la red pública de enseñanza primaria y secundaria y los de formación profesional).

En los resultados mostrados por el Índice de Desarrollo de la enseñanza primaria y secundaria (IDEB) el estado de Alagoas tiene el peor desempeño con nota 2,9 en una escala que va de 0 a 10. Una nota que es casi la mitad del índice 6 de los países desarrollados que participan de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). También se muestra menor que la media de la enseñanza primaria y secundaria brasileña, que es respectivamente de 4,6 en el nivel primario y 3,6 en el nivel secundario. Existen índices diferenciados entre regiones, estados y municipios brasileños que muestran enormes diferencias de desempeño educacional con algunos locales consiguiendo cumplir, y otros no, las metas oficiales establecidas para el País.

Aunque el gobierno venga invirtiendo en la creación de una estructura operacional para enseñanza primaria y secundaria y los de formación profesional, ampliando la red pública escolar, contratando y cualificando profesores, e incorporando nuevas tecnologías educacionales, la enseñanza desarrollada aún es muy precaria. El indicador de IDEB muestra la deficiencia de la enseñanza en nuestro Estado, lo que se subentiende que, la grande mayoría debe mostrar grandes dificultades para el aprendizaje en estudios subsecuentes. Así la formación educacional local no viene trabajando adecuadamente en la promoción del desarrollo cognitivo del aprendiz (llega al punto de existir concluyentes del

cuarto año de la primaria, sin saber leer, escribir, con grande parte de este alumnado mostrando aún, dificultad en leer e interpretar adecuadamente textos). El contexto educacional que vamos a encontrar, inclusive en la red de enseñanza escolar privada (en la que encontramos instituciones más estructuradas y cualificadas en sus actividades de enseñanza), es de una enseñanza primaria y secundaria tradicionalista, que también aún no viene atendiendo debidamente a lo establecido en los parámetros nacionales que reformuló esta enseñanza.

La Usina Ciencia, a pesar de sus limitaciones, en su espacio físico y en recursos humanos cualificados, para atender la creciente masa estudiantil y consecuente expansión de la red escolar, ha buscado prepararse, en su función educacional y de divulgación científica para una alfabetización científica, buscando auxiliar en las dificultades que pasa la enseñanza escolar (ausencia de laboratorios, bibliotecas especializadas y actualizadas, cambio de enfoque en la enseñanza-aprendizaje, preparación y actualización de profesores).

Delante de este contexto educacional local, en esta investigación vamos a observar lo que ocurre, cuando buscamos promover la integración de la visita a la exposición del Centros de Ciencias de la Universidad Federal de Alagoas (Usina Ciencia) al proyecto pedagógico escolar. Efectuamos al todo dos estudios en períodos distintos utilizando dos años lectivos ocurridos subsecuentemente. En que eran envueltos dos realidades y niveles de enseñanza diferentes. En este escenario estará siendo evaluada la eficiencia de nuestra exposición, al tener una acción integrada con la escuela (a partir de tres visitas distribuidas de acuerdo con las necesidades de integración al trabajo desarrollado en sala de aula).

La metodología utilizada fue la de una investigación educacional experimental cualitativa de naturaleza descriptiva (Thiollent, 1984; Moreira, 1988; Krasilchik, 2000). Este estudio descriptivo ocurrió en razón de averiguar, el dominio de conceptos y de proposiciones relacionadas a las leyes, relaciones y definiciones que envuelven esos conceptos en un cuerpo de conocimientos, que será interpretado a la luz de la teoría del aprendizaje significativo clásico y de la teoría del aprendizaje significativo crítico. Lo que debe permitir obtención de relaciones entre variables educacionales que puedan refinar las hipótesis introductorias o hasta modificarlas, una vez que, fueron colocadas inicialmente dentro de aspectos generales del problema de la investigación. Una de las características iniciales del fenómeno investigado, en nuestro caso, la retención de un contenido a través de una acción integrada, la idea fue la de buscar mecanismos para que una nueva información

que traiga conceptos y proposiciones pueda operar en la solución de problemas generados por la exposición de los experimentos. Lo que requiere una base en conceptos y proposiciones, subsunsores adecuados, es decir, una experiencia previa ya establecida, que consiga promover la retención de un nuevo contenido que se encuentra en cuestión trayendo significados científicos.

Para eso una programación de enseñanza envolviendo algunos experimentos sobre energía fue desarrollada y una propuesta para una acción integrada junto a una asignatura da escuela. El contenido de los experimentos relativo al tema energía fue programado para ser presentado por esquemas estratégicos. Después de una fase inicial de preparación del alumno en la escuela, la acción integrada se volcó para la presentación de la exposición durante la primera visita, para después tener continuidad en la programación de la escuela y posterior retorno a la exposición. Siendo así, las condiciones y circunstancias del proceso enseñanza-aprendizaje debe ser influenciado por lo que ocurre durante la exposición de los experimentos bajo la mediación del especialista del Centros de Ciencias y en el aula, bajo la mediación del profesor. Quedando así esa alianza en la dependencia de cómo va a ocurrir, la asociación de la visita con el trabajo en la asignatura de la escuela.

El modelo de enseñanza por recepción, expositivo-interactivo, implantado en esta investigación, ya era utilizado tanto en el día a día de enseñanza de la visita al Centros de Ciencias, como en la asignatura de la escuela, buscando valorar la importancia de una metodología de enseñanza interactiva (Barros et al, 2004). El propósito fue el de buscar atender en el momento de la exposición experimental y en el aula, una estructura de acción integrada que pueda presentar tanto una naturaleza conceptual (contenida en principios, leyes, definiciones que establezcan relaciones y una jerarquía conceptual), y una naturaleza metodológica (contenida en las estrategias de enseñanza del contenido). Así, para que haiga concordancia con la enseñanza receptiva de la teoría ausubeliana, de acuerdo a, Pozo et al (1989), el alumno debería asimilar la estructura lógica de una asignatura dentro de la estructura psicológica de esa teoría. Lo que se necesita llevar en cuenta una adecuada presentación de una red jerárquica de los conceptos contenidos en el conocimiento a ser enseñado. Con la preocupación de buscar problematizar la exposición experimental del Centros de Ciencias en la enseñanza escolar se hace necesario despertar en el alumno algunas habilidades metodológicas (un saber-hacer), donde se busca estructurar una trama conceptual que permita organizar y explicar de forma comprensiva los hechos estudiados.

Así, en la estructuración de la programación de la enseñanza, fue conveniente adoptar estrategias de enseñanzas integradas, en la que se pueda obtener el mejor aprovechamiento posible de la función que los conceptos y procedimientos poseen en la elucidación de hechos en cuestionamientos (Pozo et al, 1989). En la estrategia didáctica que desarrollamos, para la acción integrada de la exposición de los experimentos, también se llevo en cuenta estos propósitos, cuando se colocó explícitamente un protocolo de intenciones en el abordaje al contenido, que tomaba como base la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. Apenas con la preocupación de elegir los conceptos comunes, a una clase de problemas que muestre afinidades para ser trabajadas. Apenas para efecto de selección y clasificación de conceptos y proposiciones del aprendizaje significativo, que también fue considerado como referencia en la elaboración de la programación didáctica de enseñanza.

Para analizar los resultados obtenidos en los dos estudios efectuados en que se evaluaba la existencia del aprendizaje en conceptos y proposiciones relativos al tema (la evolución conceptual del alumno), conforme ya nos referimos, utilizaremos como referencial teórico en el análisis de esta investigación, la teoría del aprendizaje significativo clásico y la teoría del aprendizaje significativo crítico (que se preocupa en el ambiente de enseñanza con la forma que se debe estructurar y apoyar las actividades, cuando se pretende una retención que traiga significados).

#### **4.2 El contenido científico utilizado en la profundización de la propuesta.**

Se selecciono, el tema energía por su importancia en la comprensión de una serie de fenómenos en los más diversos abordajes de la ciencia en contexto de enseñanza. Buscando efectuar una composición de este tema, contenido en la exposición de experimentos del Centros de Ciencias, con la programación escolar.

Así, vamos a averiguar como la contribución de un trabajo de cooperación entre la Usina Ciencia y la escuela, puede mantener un relacionamiento armónico con la programación escolar, para influenciar en el aprendizaje de los alumnos. En la negociación efectuada con la escuela, el tema energía será abordado en la perspectiva **CTS** de enseñanza, buscando atender los principios de la **TASC** visando de una formación científica escolar actualizada y contextualizada. Lo que de cierto modo, ya era practicado en el abordaje referente a los experimentos de la Usina Ciencia. Es en este contexto que, para efecto de aprendizaje, el mejoramiento conceptual de la grandeza física, *energía*, en sus

diferentes formas, relaciones y transformaciones, que envuelven sus leyes y definiciones, estará siendo investigado en dos grupos escolares de diferentes niveles de enseñanza.

### **4.3 Fase exploratoria.**

Antes de la investigación relativa al primer estudio, se realizó un período exploratorio, donde hubo una estructuración previa en el campo en estudio para implantación de la alianza con la escuela. En esta fase, el problema, las cuestiones de estudio, el cuadro teórico, y los procedimientos metodológicos empezaron a aparecer. Este enfoque inicial de estudio para un diseño experimental previo fue construido a partir de los resultados obtenidos y conclusiones de un acompañamiento con algunos grupos escolares en visitas regulares (en una única visita). Mientras tanto, este acompañamiento ocurrió dentro del mismo recorte de la exposición colocado en esta investigación. En este período por los instrumentos de evaluación utilizado (cuestionario y entrevistas), verificamos que los alumnos aprenden alguna cosa en nuestra visita regular a la exposición, a partir de una base de conocimientos previos traídos probablemente de la enseñanza escolar. Con base en la fundamentación teórica que estamos utilizando del aprendizaje significativo, y de los resultados obtenidos, partimos del supuesto de que para visitar la exposición sería necesaria una preparación previa en contenidos específicos fundamentales para enfrentar los aspectos más relevantes de la nueva información introducida durante la visita.

Fue necesario, de esa forma, en alianza con la escuela, tentar desarrollar competencias y habilidades que posibiliten a los alumnos a participar de la exposición buscando atribuir significados a los contenidos, a partir de los experimentos de la exposición. Con la idea de que ese conocimiento progresivamente pueda ser madurecida en la secuencia del trabajo en el aula y alrededor de la exposición. Aún, en esa fase exploratoria de esta investigación quedo también evidenciado que, algunos alumnos con actitudes favorables, que mostraban hacer dos experimentos situaciones de interés conseguían explicitar algunos significados, inclusive cuando no existía una base adecuada para promover el conocimiento científico propuesto. Estos alumnos mostraron de alguna forma cierto mejoramiento conceptual, apenas en algunas ideas fragmentadas, que aún no se encontraban bien definidas científicamente. Este conocimiento aún no muy bien elaborado envolvía los conceptos de energía, fuerza, y algunos conceptos relativos a técnico-ciencia contenida en los experimentos (que en aquel momento no teníamos el objetivo de acompañar en acciones subsecuentes para efecto de análisis investigativo). No existió en

esta época, un planeamiento de acción integrada entre lo que el profesor hacía en la escuela y el especialista mostraba en el Centros de Ciencias. Ni con respecto a una preparación previa del alumno en la escuela para ir a la visita, ni al retorno del aula, visando el profesor envolver los contenidos explorados en la visita a la exposición.

#### **4.4 Fase de preparación de la acción integrada.**

##### **4.4.1 La elección y la característica del grupo escolar y el período en que ocurrió el primer estudio.**

El campo de acceso de esta investigación en el primer estudio, fue el alumno del tercero año de enseñanza secundaria de la red pública (de la misma escuela de la fase exploratoria de la suficiencia investigadora). Por las dificultades ya colocadas en el contexto de la enseñanza local estuvimos trabajando con una escuela que, en aquel momento, mostraba una mejor funcionalidad e interés en traer sus alumnos a la visita regular de nuestro Centros de Ciencias. Era un grupo de 34 alumnos, cuya elección fue negociada con el profesor de Física de la escuela que se disponía a trabajar en la alianza. La elección del profesor ocurrió en razón de que nosotros conocemos su experiencia en la condición de ser un profesor Licenciado en Física que ya actuaba en la enseñanza secundaria tradicional de Física hace más de veinte años. Y también, por la capacidad e interés inicialmente mostrado en nuestros primeros contactos, cuando buscábamos sensibilizarlo con la propuesta de colocar en su programación disciplinar el mensaje presentado por la exposición de la Usina Ciencia. En esta fase de preparación con la elección de la escuela, del profesor, y del grupo escolar, buscamos mostrar que delante de la acción integrada, los alumnos iban a estar delante de una nueva perspectiva de visita, y tener la disposición, la posibilidad de estudiar los experimentos del Centros de Ciencias como asunto de su día a día de aula. Dentro de la programación disciplinar y aún iban a participar de un mayor número de visita a los experimentos para un acompañamiento más detallado (un procedimiento que no ocurría en la planificación de visitas regulares al Centros de Ciencias). También informamos que la actuación del profesor en la acción integrada, también sería objeto de investigación, en la forma de conducir los trabajos programados en alianza (observando para el sentido ético de la investigación educacional de necesitar relatar los hechos sin dar nombre a los personajes e instituciones específicamente).

El primer estudio realizado ocurrió a partir del mes de junio del año de 2006 y fue concluido en el mes de abril del año de 2007. Conforme ya informamos, envolvió un grupo

de la escuela de la red pública local con 34 alumnos del tercer año de la secundaria, que cursaban la asignatura Física, y era ministrada por un determinado profesor.

#### **4.4.2 La elección y la característica del grupo escolar y el período en que ocurrió el segundo estudio.**

Debido a la necesidad de observar lo hecho en la exposición de experimentos, en otra realidad de enseñanza fue hecha la opción por una escuela de la red de enseñanza privada local, y también buscamos hacerlo en otro nivel de escolaridad, un grupo escolar del noveno año de la primaria. Esa elección se debió, por ser la serie más próxima al del nivel de la secundaria, ya que pretendemos utilizar la misma programación de enseñanza sobre el tema utilizado por el grupo de la secundaria. Entre la etapa de preparación hasta el final del acompañamiento de cada estudio estuvimos utilizando un período planeado, alrededor de siete meses entre la preparación y la implantación de las actividades. En razón del análisis y de los ajustes que necesitarían ser efectuados de un estudio para el otro iríamos utilizar dos años lectivos subsecuentes. Lo que se justifica en razón de una mejor preparación, debido a las experiencias adquiridas de una investigación para la otra, y adaptación a otro nivel y realidad diferenciada (enseñanza primaria de una escuela de la red particular). Por esta razón no teníamos una previsión de desarrollar más que dos estudios. En esta nueva experiencia, tanto la escuela cuanto el grupo fueron seleccionados en combinación con el profesor de la asignatura Ciencias que nos busco, demostrando interés en desarrollar una alianza más efectiva con la exposición de experimentos, que en líneas generales, el mismo ya conocía. Se trataba de un profesor que a pesar de estar formándose en Licenciatura en Física en aquel mismo año, él fue escogido por que ya tenía alguna experiencia en la enseñanza escolar, porque, ya actuaba en la enseñanza de Física hace algunos años (era diplomado anteriormente en Ingeniería Civil y con la falta de profesores de Física, la legislación permite contratar al estudiante de la Licenciatura y profesionales formados en áreas parecidas). En esta nueva alianza la escuela escogida también ya era usuaria de nuestra exposición regular. Colocamos para el profesor el tema y combinamos que en la alianza trabajaríamos con una programación de enseñanza en la escuela centrada en la energía, envolviendo los mismos experimentos de la exposición del recorte efectuado en el estudio anterior. Utilizaríamos también, los mismos procedimientos estratégicos de abordaje de la programación y el mismo tipo de instrumentos de evaluación utilizado en el estudio anterior. Nuestra propuesta inicial era que, la escuela adoptase el tema en la programación disciplinar de Ciencias, dentro de la misma propuesta, ya establecida en la

investigación anterior. Naturalmente que, en esta etapa siendo el nivel de enseñanza de la asignatura Ciencias más elemental que si fuese el de la secundaria, el tratamiento del contenido de la programación tuvo que ser adecuado al noveno año. Lo que exigió algunas adaptaciones en el lenguaje, en la forma de abordaje, y en el nivel de tratamiento de las cuestiones y problemas constantes de las evaluaciones realizadas.

El segundo estudio realizado ocurrió a partir del mes de marzo del año de 2007 y fue concluido el mes de noviembre del mismo año. Conforme ya informamos envolvió un grupo de la escuela de la red privada local con 24 alumnos del noveno año de la primaria, que cursaban la asignatura Ciencias, ministrada por un profesor con un perfil profesional diferente, con relación al del primer estudio.

#### **4.4.3 La preparación del profesor de la escuela para la acción integrada.**

En nuestra condición de especialista y coordinador de la exposición programada inicialmente efectuamos un trabajo de buscar integrar el profesor del grupo escolar con el contenido científico de la exposición de experimentos. Momentos en que iniciamos a mostrar las estrategias didácticas de presentación de la programación de enseñanza. Conjuntamente estuvimos elaborando un cronograma para el número de veces de visita y en razón del desarrollo de la programación en lo que debería ser visto en la continuidad de la programación en el aula. Buscando mantener en la secuencia del período en la acción del profesor en el aula, un acompañamiento que ocurriría a través de unos comentarios interactivos (*feedback*), bajo la coordinación del especialista de la exposición. Para una mayor cualificación del profesor en esta acción integrada, se busco estimular la lectura y la selección de textos complementares relativos al tema energía con hincapié en el recorte que estuvimos trabajando.

De modo que, les fue sugeridas lecturas y suministrado material al profesor que mostraba la evolución histórico-epistemológica de la energía, desde las concepciones aristotélicas a los días actuales. Estuvimos proponiendo que el profesor trabaje en el aula, buscando mostrar sucintamente, la evolución del tema en sus: definiciones, principios, relaciones, diferentes formas, transformaciones, y transmisiones; yendo de sus aspectos filosóficos a sus aspectos técnico-científicos, buscando llegar al tratamiento de esa grandeza como un producto de consumo de los días actuales (Ornellas, 2006). Lo que vino a requerir, incluir junto al mensaje pasado por la exposición, un material escrito de apoyo didáctico complementar al libro de texto de la escuela (algunos textos sueltos relativos a la

programación de la acción integrada que el profesor conozca o que busque en la literatura y que se adecuen a los intereses y necesidades de los alumnos en estudiar el tema en la escuela).

Algunas nociones relativas a la psicología educacional del aprendizaje significativo entre otros aspectos contenidos en nuestro marco teórico fueron mostradas al profesor, utilizando textos concisos para lectura. Otro recurso utilizado en la preparación del profesor fue sobre la técnica de elaboración de mapas conceptuales. En que fue proporcionado un texto conciso envolviendo la técnica de construcción con la ilustración de algunos mapas conceptuales sobre determinados asuntos conocidos (una vez que, la elaboración de mapas es una actividad que vendría a ser trabajada con los alumnos en la escuela).

Como puede ser visto tuvimos la necesidad de complementar y buscar redirigir la programación tradicional disciplinar en su contenido y metodología de enseñanza. Tuvimos así, un trabajo conjunto de coordinación en la organización de las acciones, en los dos estudios efectuados, que buscaba preparar y estimular al profesor ofreciendo subsidios de diferentes naturalezas para atender a la programación que necesitaría ser desarrollada en el aula a partir de los experimentos. Delante de la necesidad de acompañar las actividades programadas debería haber un contacto permanente, un encuentro presencial semanalmente (en momentos de indisponibilidad del profesor ocurriría quincenalmente), ocurrido durante la alianza, algunas veces en el Centros de Ciencias otras en la escuela, a depender de la necesidad y oportunidad.

A partir de los subsidios teórico-experimentales ofrecido por la mediación del especialista/investigador de esta investigación y propiciado por la visita a los experimentos de la exposición, iremos a acompañar la acción del profesor y de los alumnos en la escuela para evaluar, en cada uno de los dos estudios efectuados, los efectos obtenidos sobre el aprendizaje a partir de lo que sería posible emprender en la integración efectuada.

#### **4.5 La programación didáctica.**

##### **4.5.1 La propuesta de la programación.**

La programación didáctica de presentación de los experimentos durante las visitas con su complementación en la acción integrada de la escuela tomará como amparo psicológico y metodológico la teoría del aprendizaje significativo clásico y crítico y la teoría de los campos conceptuales. En este sentido las estrategias didácticas elaboradas para el abordaje a los experimentos tuvieron la influencia de la teoría de asimilación ausubeliana. En la que se toma inicialmente como principio, y que la nueva información para adquirir significados necesita anclarse en una base de conocimientos previos adecuados. También toma como principio que en el abordaje al contenido debe enfatizarse desde el inicio las ideas más generales e inclusivas para a partir de ahí, ramificarse para asuntos más específicos. Esta secuencia de presentación del contenido debe aún ser efectuada obedeciendo al principio de la diferenciación progresiva y reconciliación integradora visando no perder la visión del todo y encontrarse centrado en las ideas más relevantes. Cuanto a lo que despertó inicialmente, para utilizar la teoría de los campos conceptuales fue “auxiliar didáctico del desarrollo conceptual a través del trabajo experimental” (ADDCTE), que eran herramientas desarrolladas para ser utilizadas en la orientación didáctica del profesor en el aula, en el contacto con los alumnos, para que puedan desarrollar conceptos a partir de experimentos (Lopes, 2002). Hecho que nos condujo a organizar un mejor abordaje de los experimentos a través de un procedimiento estratégico elaborado con la preocupación en elegir los conceptos y proposiciones para cada sub-clase de “situaciones” de enseñanza traída por una asociación de experimentos que muestren afinidades específicas. Por su vez, buscamos asociar/conectar estos experimentos a través de clase de “situaciones” de enseñanza consideradas afines en su naturaleza genérica. Así, la estrategia de presentación de la programación fue elaborada en razón de un conjunto o sub-conjunto de experimentos, que muestren afinidades en conceptos y proposiciones científicas en común, sin perderse la visión del todo, contenido en las ideas más generales e inclusivas sobre el tema.

En este mecanismo de utilizar un abordaje de presentación del asunto a través de una estrategia sería importante que se consiga accionar el pensamiento del aprendiz sobre la “situación” física propuesta, objeto de experimentación. La idea era que la estrategia movilizase una base de datos conocidos, sobre el campo en estudio, que posibilitase la adquisición de los conceptos y proposiciones envueltas.

El procedimiento seguido de abordaje de la programación por la estrategia didáctica de discusión de los experimentos necesita ser lo suficiente flexible para atender a las

reacciones/ritmos de los alumnos en el transcurso de enseñanza-aprendizaje. Naturalmente que en el proceso de abordaje van a existir procedimientos ya considerados interesantes constantes de la exposición que podrán ser consideradas como situaciones de enseñanza que muestran surtir efectos positivos (como es el caso, cuando se busca relaciones, analogías, diferencias y similitudes, y extensiones a otras situaciones sobre el tema). Pero este control sólo podría ser ejercido de manera eficiente si es efectuado de cerca por el profesor, en el acompañamiento del desarrollo cognitivo del alumno en el día a día en el aula. Para que esto ocurra, necesitaría existir una relación armónica entre la programación escolar y lo que se encuentra programado para la visita de los alumnos a los experimentos. En la fase de selección de la escuela y del grupo de alumnos y durante la preparación para el estudio, el profesor se comprometió en trabajar la programación propuesta para la acción integrada en su programación disciplinar. Estaba también previsto, que el profesor iba a acompañar las visitas a la exposición participando como observador y pudiendo ejercer la función de mediador junto a los alumnos.

En los cuatro ítems abajo mostrados serán presentados algunos procedimientos y fundamentos que fueron asociados a la elaboración de la programación que trae la estrategia didáctica de como atacar los experimentos propuestos en conceptos y proposiciones. La programación así es constituida de contenidos explorados a través de estrategias que van a orientar el abordaje de la fundamentación teórica de la exposición. Lo que ocurrirá tanto en la presentación de los experimentos por el especialista durante la visita, así como en el andamiaje de la asignatura con el profesor en la escuela. La programación didáctica relativa a los experimentos abordados en la exposición y en la acción integrada con la escuela tomó por base a los siguientes fundamentos:

1) Que el experimento propuesto en la exposición sea mostrado para los alumnos en sus fundamentos en una perspectiva CTS, buscando una interactividad que pueda llevar a algunos cuestionamientos, con la función de provocar situaciones de interés de aprendizaje. El fenómeno debe ser mostrado buscando problematizarlo en un proceso que envuelva la participación del grupo. El abordaje de cada experimento seguirá la orientación traída por la estrategia elaborada dentro del contenido previsto para la programación. Durante la presentación, cuando exista la participación del alumno, se debe observar si él consigue justificar el hecho, relacionando a conocimientos científicos adecuados y también normas y valores sobre el asunto en el contexto de la vida. La utilización de la estrategia y del contenido CTS de la programación no termina durante la visita y debe haber

continuidad en la acción del profesor en la escuela para complementar con nuevas inserciones conceptuales y/o la retomada de conceptos en una dinámica en que sea favorecida la recursividad en lo más fondo del problema.

2) En la acción frente a un cierto experimento, la estrategia es la de trabajar la conceptualización, colocando los conceptos específicos de esa situación pero, también, enfatizando los conceptos más generales de la clase en que se encuentra situado este experimento (como veremos más al frente, clasificamos los experimentos en dos clases de situaciones propuestas de aprendizaje: los dos sistemas de calentamiento por irradiación solar y los sistemas de generación de energía eléctrica). Siendo importante caracterizar los conceptos centrales de cada situación, la relación entre diferentes conceptos, los aspectos operacionales de la descripción de los fenómenos, la utilización de analogías en que son efectuadas relaciones que muestren similitudes y diferencias en los fundamentos entre diferentes experimentos de una misma clase o subclase de situaciones propuestas.

3) Que sea efectuado un levantamiento de representaciones simbólicas que el alumno pueda estar desarrollando en el momento de la visita en razón del tratamiento teórico del fenómeno mostrado en la práctica. Que se promueva en el momento de la visita a la exposición y durante las clases en la escuela, condiciones para que el alumno se posicione siempre que posible sobre algún aspecto, en que pueda mostrar el lenguaje y el simbolismo usado en la comprensión teórica de los hechos. A continuación, en la escuela se debe buscar promover el mejoramiento de estas representaciones, y ver el modelo que está siendo desarrollado por el alumno para explicar los fenómenos observados. Que el levantamiento de los significados, del lenguaje y del simbolismo expreso utilizado para referirse a la nueva información, sea acompañado por los mecanismos evaluativos del estudio. En puntos relevantes decurrentes de las visitas y de las clases y también a través de la evaluación escrita programada para las diferentes etapas. Es necesario saber qué aspectos esenciales existen en los modelos que necesitan ser formados por los alumnos. En este sentido existe un procedimiento estratégico de enseñanza ya caracterizada para el momento de la visita y para la enseñanza en el aula. La idea es utilizar la estrategia elaborada para tratar la programación didáctica pensando en promover, entre otros aspectos, un modelo teórico adecuado (que gane significados científicos en la mente del aprendiz), para mostrar que la visita en alianza con la programación escolar, puede generar aprendizaje.

4) Se espera que exista un progresivo desarrollo conceptual, durante las sucesivas idas a la exposición y en la vuelta a la escuela, para dar continuidad a la programación didáctica en el aula. Se espera que exista un relacionamiento armónico del contenido colocado en la exposición con lo presentado en la programación escolar, que tiene una mayor disponibilidad de tiempo para su incorporación. Es importante abrir caminos modificando cuando necesario, los procedimientos y las estrategias y aún efectuando algunas simplificaciones. Para que se pueda atender al modelo mental, que sea posible ser desarrollado de forma gradual entre los alumnos, en razón de las aptitudes, intereses y conocimientos previos traídos.

Asociado a estos fundamentos, se debe hacer con que, tanto el proceso de investigación cuanto el de la programación utilizada, tenga los siguientes procedimientos:

(1) Colocar el fenómeno utilizando las estrategias que puedan hacer con que el mismo se constituya en una situación concreta de aprendizaje. Haciendo lo que sea necesario para que los alumnos desarrollen significados adecuados.

(2) En momentos oportunos o cuando por solicitud de los alumnos, el especialista y el profesor, dentro del espacio en que cada uno desarrolla sus acciones, debe buscar interrumpir su exposición para dar lugar a la interactividad con los alumnos. Pasando a ejercer la función de mediador delante del contenido asociado a los experimentos. Abriendo así, posibilidades para sugerencias, interpretaciones, y justificativas de los alumnos.

(3) Durante los procedimientos de evaluación del contenido de la programación, el alumno debe ser estimulado a explicitar su comprensión: en procedimientos, en conceptos y proposiciones (relaciones, definiciones, leyes, principios), buscando siempre que posible, explicitar el modelo que estuvo siendo colocando en causa.

(4) Durante el acompañamiento del estudio se debe estar atento a las variantes que necesitan ocurrir frente a los procedimientos investigativos y delante de las estrategias de abordajes de los experimentos. Lo que debe ocurrir durante la visita y en la continuidad de la enseñanza en la escuela direccionada a los experimentos. Son cambios que deben ocurrir, en razón de buscar y favorecer las dificultades de asimilación de los alumnos relativa al conocimiento en estudio. También debe ocurrir, en razón del profesor no conseguir desarrollar adecuadamente la programación de enseñanza prevista y aunque frente a otras expectativas generales de intereses de los alumnos o del profesor (cuanto a conocimientos,

procedimientos, actitudes, normas y valores). Lo que significa decir que la evaluación procesual debe garantizar mudanzas en las estrategias de abordaje al contenido junto a los alumnos para favorecer la captación de significados.

(5) La preocupación con el alcance de la comunicación (las representaciones simbólicas en códigos y lenguajes constantes del diálogo): en la exposición en el relacionamiento entre el especialista y los alumnos, y en el aula el relacionamiento entre profesor y alumnos. En las dificultades, los sujetos de este estudio: el especialista, el profesor y los alumnos deben buscar ideas y sugerencias que puedan estrechar el entendimiento de la comunicación. Para que esa comunicación pueda ocurrir de mejor manera posible, los propósitos de aprendizaje que queremos alcanzar deben enfocar, los principales aspectos que llamarán la atención y despertarán el interés de los alumnos sobre el tema.

#### **4.5.2 Los experimentos de la exposición, programados sobre el tema energía.**

Los experimentos programados para exposición, entre pósteres y maquetas sobre el tema, hacen parte de una sala específica sobre energía, con mayores propósitos, en el tratamiento de este tema tan amplio en la Usina Ciencia-UFAL. Dentro de nuestro protocolo de intenciones experimentales para desarrollar conceptos y proposiciones hacen parte de nuestro recorte, en el proceso de instrucción del alumno, los siguientes experimentos:

**Experimento 1:** de la *maqueta de una hidroeléctrica*: mostrando una animación envolviendo: el lago, la diferencia de nivel entre la represa y el curso del río abajo; el flujo de agua en la continuidad del río, el sistema de generación, una subestación de alimentación, una pequeña ciudad con circuito eléctrico en funcionamiento, entre otros detalles característicos.

**Experimento 2:** de la *mini-usina eléctrica*: sistema de generación por manivela o en funcionamiento algunas bombillas y un pequeño radio, con el circuito controlado por una llave (enciende-apaga), para evaluar diferencias en el esfuerzo del accionamiento de la manivela; pueden aún ser efectuadas medidas de la corriente y de la tensión, para ser evaluada la potencia de la energía eléctrica generada.

**Experimento 3:** de los *sistemas de generación de la hidroeléctrica y eólico-eléctrico*: sistema de generación por corriente de agua/aire, actuando sobre las palas de una turbina,

que se encuentra asociada a un generador por inducción magnética que alimenta un circuito eléctrico (algunas bombillas y una radio).

**Experimento 4:** de la *verificación experimental de la inducción electromagnética (ley de Faraday-Lenz)*: consta de un imán suspenso por un amortiguador, en movimiento oscilatorio en el interior del núcleo de una bobina eléctrica, que se encuentra simultáneamente ligada a un galvanómetro de cero central y a un osciloscopio, con la finalidad de analizar las variaciones de tensión generadas (en circuito de corriente alternada).

**Experimento 5:** de la *célula solar (efecto fotovoltaico)* consiste de un sistema de generación de energía eléctrica que utiliza el efecto fotovoltaico, mantenido en contacto con el sol, para funcionamiento de un circuito (bombilla y ventilador) y para recarga de una batería de automóvil. Son efectuadas medidas de tensión y corriente y un radiómetro mide la intensidad de la radiación solar, para que podamos evaluar la potencia y la eficiencia en la relación de la energía de entrada con la energía de salida.

**Experimento 6:** de la *pila eléctrica*: Generación de energía eléctrica por efecto electroquímico en la reacción química en dos placas, una de cinc y otra de cobre, inmersas en una solución ácida (asociación del fenómeno a las pilas eléctricas y baterías eléctricas).

**Experimento 7:** del *generador electrostático* do tipo do *Van der Graaff*: efectos electrostáticos producidos en las proximidades de una esfera electrizada con elevado potencial eléctrico, y elevado campo eléctrico en sus proximidades, con la función de: accionamiento de una pequeña bombilla a gas neón aislada en la atmosfera; con efectos atractivos y repulsivos bajo hilos de algodón sueltos en las proximidades de la esfera electrizada; el efecto de la descarga eléctrica en la atmosfera; el efecto en la electrización de las personas en contacto y próximas; entre otras finalidades.

**Experimento 8:** de los *calentadores solares: célula foto-térmica, entre otros sistemas de calentamiento por energía solar (cocina solar y estufa o horno solar)*; son sistemas de captación de energía solar para el calentamiento (transmisión de calor por irradiación, algunos envuelven el efecto invernadero, y aún la transmisión de calor por convección y por conducción). Las características técnicas de funcionamiento de cada uno de estos sistemas son mostradas siendo aún efectuado un análisis fenomenológico de la eficiencia del sistema en la conversión de energía solar en energía térmica.

**Experimento 9:** de la *mini-usina termoeléctrica*: que utiliza la energía química de la reacción de combustión (alcohol, bagazo de la caña de azúcar, etc.) para producir el vapor de agua en alta presión, utilizado para poder mover un sistema a base de manivela, que va a accionar el generador, y consecuentemente colocar un circuito en funcionamiento (una bombilla encendida).

**Experimento 10:** del *súper-looping*: consta de un sistema que envuelve la caída de una esfera sobre una rampa, desarrollado con la finalidad de procesar el *looping* (da la vuelta por encima, en una trayectoria circular de tres niveles, es decir, tres *looping*). Envuelve el concepto de trabajo y las relaciones entre la energía potencial y cinética, llevando en cuenta la conservación de la energía mecánica. Se efectúa con este sistema una comparación (por analogías) con la caída de agua en la generación de energía en las hidroeléctricas, mostrando las diferencias y similitudes existentes entre los dos sistemas.

La exposición oral de estos experimentos por el especialista debe ser inicialmente efectuada de manera demostrativa y en la secuencia buscando la interactividad con el contacto de los alumnos con los experimentos. En este proceso serán efectuadas analogías y relaciones entre los experimentos y conceptos envueltos que serán presentados por estrategias didácticas bien definidas. En que existe la preocupación con la construcción de significados de los conceptos y proposiciones envueltos. La idea es también atender a las necesidades de una educación para la ciudadanía en el mundo actual, lo que ocurre con la divulgación científica efectuada en nuestro Centros de Ciencias, cuando buscamos abordar temas actuales como es el caso de la energía cuando explorado en la perspectiva técnico-científica. Esperamos que la utilización de temas de esta naturaleza con los fenómenos mostrados experimentalmente pueda despertar motivación e interés, provocando actitudes favorables a la comprensión de los fenómenos.

Como pueden ser observados los experimentos del recorte efectuado para el estudio, exploran las principales fuentes de producción de energía eléctrica utilizándolas como idea más general e inclusiva: la ley de conservación de la energía (1ª ley de la termodinámica) y la ley que rige la eficiencia y el sentido con que ocurren las relaciones y transformaciones de energía (la 2ª ley de la termodinámica). El abordaje es efectuado buscando explorar aspectos científicos, tecnológicos y sociales relativos al tema (sistemas CTS). En la producción de energía eléctrica la secuencia de presentación de los experimentos toma por base el orden decreciente de prioridades de las fuentes para consumo: por inducción

electromagnética (Ley de Faraday-Lenz); en las pilas el efecto electroquímico de oxidación-reducción; y en las células solares el efecto fotovoltaico. Y finalmente el generador electrostático que utilizó diferentes formas de electrización fue el último experimento presentado durante la exposición. El experimento del *súper-looping* era normalmente el primer experimento presentado en la exposición por explorar las primeras nociones tradicionalmente trabajadas de energía, envolviendo las transformaciones de la energía mecánica y su relacionamiento al trabajo mecánico. Por esta razón era importante efectuarse una analogía de la situación del *loop* con la caída de agua de las usinas hidroeléctricas (nuestra principal fuente generadora en Brasil). Los experimentos restantes envolvían el calentamiento foto-térmico de agua, la cocina solar, y la estufa, que fueron incorporados al recorte con la preocupación de mostrar otras alternativas naturales de calentamiento sin la utilización de la energía eléctrica. Pero conceptualmente era importante explorar las diferentes formas de transmisión de calor y también otros fenómenos térmicos como el efecto invernadero (efecto estufa).

En la organización de la exposición, fue posible observar la luz de la psicología ausubeliana que los experimentos deberían asociarse en razón de las ideas más generales e inclusivas de la fundamentación teórica. Y también con relación a una comunión en la elección de conceptos y proposiciones relevantes, ellos fueron agrupados en dos categorías (que denominamos clase de situaciones de enseñanza). La **clase de situaciones de enseñanza 1**, que engloba, las diferentes formas usuales de generación de energía eléctrica para consumo: por inducción electromagnética (los **experimentos 1, 2, 3, 4, 9**); por reacción química de oxidación y reducción (**experimento 7**); y por el efecto fotovoltaico (**experimento 5**). Existe una situación en esta clase, relativa a otra forma de generar energía eléctrica, fuera de nuestros patrones normales de consumo, el generador electrostático, que fue traído para el recorte en función de la importancia de los efectos de la energía eléctrica estática en fenómenos atmosféricos, entre otras situaciones lúdicas que envuelven a electricidad estática en alta tensión (**experimento 7**). Existe aún un experimento, donde la parte que colocamos en esta clase para explorar las relaciones entre la energía mecánica: cinética y potencial (**experimento 10**). Que a pesar de tener finalidades específicas en relación a la transformación y conservación de la energía, fue útil para efectuarse una analogía para la comprensión de como se inicia el proceso de generación de energía eléctrica por inducción electromagnética en las usinas hidroeléctricas. La segunda clase de situaciones instituida, fue la **clase de situaciones de enseñanza 2**, que explora la transmisión de calor por la irradiación solar como alternativa energética de calentamiento

(**experimento 8**): que de verdad incluye tres experimentos o equipamientos de calentamiento a energía solar (el colector solar para calentamiento de agua, la estufa o horno solar, y la cocina solar). Es importante informar que los conjuntos o unidad experimental discriminada anteriormente (generador por inducción electromagnética, generador electrostático, etc.), van a ser considerado en este estudio, como **sub-clases de situaciones de enseñanza** cuando ocurrir la existencia de algunas especificidades en conceptos y proposiciones.

En cada una de estas clases de situaciones de enseñanza existe una combinación entre conceptos y proposiciones comunes o que se complementan en el tratamiento dado al tema energía. Así, en la programación didáctica de enseñanza hay una estructura conceptual a ser explorada, asociada a funciones de naturaleza tecno científica en el contexto de la vida. En este sentido el tema energía fue explorado a partir de sus: transformaciones, transmisiones, eficiencia, conservación y degradación ambiental, entre otros aspectos técnico-científicos que podrían ser cuestionados a partir de la estrategia didáctica utilizada.

En nuestra programación didáctica, vamos a buscar asociar las ideas más generales y amplias sobre este tema que envuelve los principios físicos: de la conservación (primera ley), y el de sentido y de la eficiencia con lo que ocurre el proceso de transformación entre diferentes formas de energía (segunda ley). Existen así, en este campo de estudio, en la perspectiva ausubeliana, posibilidades de programarse el contenido de enseñanza envolviendo un entrelazamiento conceptual jerárquico. Es importante observar aún que, en la elección de estas dos clases de situaciones de enseñanza, el énfasis fue dado a la **clase de situaciones 1**, por ser considerada de mayor relevancia y complejidad, por envolver un mayor número de sub-clases de situaciones de enseñanza, envolviendo un mayor número de conceptos y proposiciones, y por envolver la gran mayoría de los experimentos constantes de la programación.

#### **4.5.3 A estrategia didáctica.**

Las estrategias didácticas utilizadas en el abordaje de los experimentos debe regular la explicación y justificativa a los fenómenos mostrados en la exposición. Un abordaje que

va a ser orientada por la relevancia de conceptos y proposiciones en razón da énfasis que debe ser dada a las ideas más generales e inclusivas contenidas en la teoría del aprendizaje significativo. Sin embargo, existe también la preocupación con os significados incorrectos que pueden ser dados por los alumnos cuando no existen subsunsores adecuados. Delante de esta posibilidad es importante incorporar que por la exposición los alumnos pueden iniciar un proceso de desarrollo de modelos mentales recursivos (segundo se encuentra propuesto en el aprendizaje significativo crítico), que puedan ir siendo desarrollada a partir de la primera visita a los experimentos. Para que subsecuentemente esas representaciones puedan ir siendo madurecidos, remodeladas, con más tiempo en el proceso escolar y en los momentos de las demás visitas. Así, pretendemos que las estrategias didácticas inicien dando resultados favorables de aprendizaje en el momento de la visita y exista continuidad en la escuela y al retorno a una próxima visita en un proceso progresivo y cíclico. Este ciclo envuelve los momentos de corto plazo de las visitas y el trabajo en la asignatura escolar a corto, medio y largo plazo (en un período de tiempo en que la acción estaba siendo implementada con los alumnos del grupo escolar).

Para que la programación didáctica utilizada en la acción visita-escuela surta efecto se exigió que existan cuidados y previsión de reformulaciones en los procedimientos, en la metodología, en la secuencia de presentación, en el nivel de problematización de las estrategias de presentación dos experimentos. Lo que debería ocurrir tanto en la acción del profesor en la escuela cuanto en la del especialista en la exposición, en razón de un trabajo a ser desarrollado en adecuación a las dificultades/desempeño mostrados por los alumnos. Pero, aquí se debe observar que en la condición de investigador y de presentador de la exposición tuvimos un control directo de nuestras acciones frente a la estrategia propuesta. Sin embargo, efectuamos un trabajo con el profesor visando su preparación frente al contenido de la exposición y frente a la estrategia de abordaje del mismo. Una vez que. Lo que fue mostrado en la exposición necesitaba ser complementado, en las acciones del profesor en la escuela con más tiempo. En razón de que, el momento de la visita comportaba apenas que las estrategias se dirijan más a la conceptualización de ideas más generales e inclusivas, y las ideas específicas más directamente relacionados con los fenómenos que estaban siendo mostrados. Cabiendo al profesor después en la escuela buscar ampliar la percepción del alumno siendo colocado más detalles y especificidades, con relación a la programación escolar. Un trabajo que a pesar de coordinado y orientado por el investigador/especialista casi siempre estuvo siendo acompañado por el investigador, fuera de la escuela.

En las estrategias de exploración de la programación, dentro de cada clase de situaciones de enseñanza establecida van a existir subclases en razón de un subconjunto de experimentos a fines y de algunos experimentos específicos discriminados por sus especificidades. Pero, existía un cuerpo de conceptos y proposiciones del más general a lo específico que categorizaba el rol de experimentos de cada clase (la de la generación de energía eléctrica y la de la transmisión de calor por irradiación). En la unificación de estas dos clases, el concepto de energía era lo más general, mientras que en relación, las proposiciones a la ley de conservación de la energía y la ley que regula la eficiencia y el sentido de ocurrencia de la transformación y transmisión de energía eran consideradas las proposiciones más generales e inclusiva de toda la programación. Ya en relación a una subclase, como por ejemplo, la de la inducción electromagnética, la idea más general en este sector envolvía una integración de las proposiciones de la ley de Faraday y la ley de Lenz. Pero, también se encuentra implícito que en el cumbre de una jerarquía local se encuentran ideas más generales e inclusivas: los principios de la conservación de la energía y el de la eficiencia y sentido con que ocurren las transformaciones energéticas. Así, se debe tener la comprensión de que existe un cuerpo de conocimiento más general y amplio que permea toda estructura de abordaje al contenido en la presentación de la programación.

Por su vez, la presentación vía estrategias también debería preocuparse en efectuar una diferenciación progresiva de esta generalidad conceptual hasta llegar a los conceptos más específicos de la programación (localizados en las especificidades inherentes a cada experimento). Esta organización secuencial propuesta por el aprendizaje significativo en lo que se refiere a la importancia de las ideas más generales e inclusivas, debe también utilizar un procedimiento flexible en el curso de presentación de los experimentos. De manera que, a veces se asocia a las ideas más generales explícitamente y a veces ellas aparecen como algo que subyaz a la presentación en razón de intereses por ideas específicas locales que necesitan ser exploradas.

El recorte efectuado en la Programación de la Usina Ciencia que fue llevado para la escuela, sobre energía buscó explorar no solamente el contenido de hechos, proposiciones y conceptos, pero también, envolver en el contenido, habilidades en procedimientos y actitudes. Lo que ocurrió en relación a la percepción que el alumno necesitaba desarrollar sobre la naturaleza de las energías envueltas en las transformaciones o sobre las formas diferenciadas de transmisión de calor; y aún relativo a verificar las energías envueltas antes y después en atendimiento a la conservación o la eficiencia y el sentido en que ocurrían los

procesos de transformación/transmisión. El contenido de enseñanza (en la perspectiva CTS considerada), pasaría así a ser visto con algo más amplio, por envolver no apenas hechos y conceptos, pero pasar a incorporar la enseñanza de procedimientos y actitudes. Como por ejemplo, en proceder en cada transformación la asociación de cuál es la energía primaria y cuál es la energía secundaria; en proceder en la asociación de una causa eficiente a todo proceso de transformación de energía; en proceder buscando siempre preservar la conservación de la energía, procediendo así en las transformaciones en no apenas elegir la energía primaria y la energía secundaria, pero, también incorporando otros efectos; saber proceder frente a las fuentes de generación de energía en la distinción entre eficiencia y la potencia con que la energía útil es generada; saber diferenciar en los procesos de generación de electricidad: por inducción electromagnética, electroquímico, fotovoltaico, electrostático, no solamente sus causas y efectos, debiendo también incorporar cuestiones relativas a normas y valores. Las habilidades y procedimientos técnicos que necesitan ser desarrollados, presentan tanto una naturaleza racional (envuelve la cognición), cuanto una naturaleza sensitiva, en la forma de observar y analizar los fenómenos. Por su vez, como se trata de un estudio explorando situaciones contextualizadas en una propuesta de alfabetización científica, no puede quedar de fuera el contenido relativo a normas y valores (lo que va estar subyacente a las estrategias para ser explorado en momentos oportunos). Como es el caso, por ejemplo, de saber, entre las fuentes de generación de energía eléctrica utilizada, cual es la que interfiere o agrede más el medio ambiente; de saber, cual la que produce energía con menor costo. Como puede ser visto el contenido de las estrategias a pesar de detenerse en los aspectos de contenido técnico-científico en hechos, conceptos (y proposiciones), procedimientos y actitudes, las cuestiones relativas a las normas y valores no podrían quedar de fuera de la programación.

Los experimentos fueron distribuidos para ser presentados y trabajados dentro de la secuencia numérica colocada para las estrategias didácticas de presentación de la programación. Nuestra intención en la elaboración de estas estrategias fue envolver conocimientos y procedimientos necesarios a que se desarrolle el proceso enseñanza-aprendizaje en la acción integrada en cada uno de los estudios realizados (buscando efectuar algunas simplificaciones del trabajo con el grupo de alumnos de la novena serie de la enseñanza fundamental). A pesar de los experimentos de la exposición ser mostrado a través de una programación única, el objetivo en los dos estudios fue trabajar el contenido utilizando, medios diferenciados en nivel de abordaje del conocimiento, en procedimientos y en el lenguaje, de modo a buscar medios de posibilitar que los significados atribuidos por

los alumnos, en los dos niveles de enseñanza, fuesen condecientes con la descripción científica.

Efectuado algunas consideraciones esclarecedoras, vamos a mostrar las estrategias utilizadas para abordar el contenido teórico asociado a los fenómenos mostrados en la exposición de experimentos que norteó la programación de enseñanza.

La **estrategia 1**, envuelve el **experimento 10** del “súper *looping*”: que utiliza la conservación de la energía mecánica en el proceso de transformación entre energía potencial y energía cinética; trabaja con los conceptos de energía potencial gravitacional, energía cinética, y trabajo mecánico (en la relación de transformación entre las energías de naturaleza mecánica); efectúa un análisis de que si el procesamiento del *loop* es efectuado con sobra (exceso) de energía mecánica o sin sobra (en el límite), buscando la minimización de esta energía en el proceso y efectuando otras consideraciones como lo que ocurrió con exceso de energía (sobra energética) que no fue utilizado en el procesamiento del *loop*. Aún en este experimento es efectuado una analogía entre el procesamiento del *loop* y la generación en las usinas hidroeléctricas por caída de agua (que se constituyó en uno de los elementos de la base de datos de la **estrategia 2**), buscando mostrar diferencias y similitudes. Las **proposiciones envueltas fueron:** la conservación de la energía (en la posibilidad de conservación de la energía mecánica efectuando la relación entre las transformaciones de energía cinética y potencial y también en la relación de estas transformaciones con el trabajo mecánico; para en seguir hacer referencia la disipación de la energía mecánica con la transformación en otras formas de energía). **Cuanto a los conceptos envueltos fueron:** *trabajo, energía mecánica, energía cinética, energía potencial.*

La **estrategia 2**, envolviendo los siguientes experimentos: la maqueta de una hidroeléctrica (**experimento 1**); la mini-usina eléctrica a manivela (**experimento 2**); la mini-usina hidroeléctrica (**experimento 3**); la mini-usina termoeléctrica (**experimento 9**). En relación al conocimiento explorado envuelve la generación de energía eléctrica por inducción electromagnética teniendo como fuente de energía primaria la energía mecánica o la energía térmica. Envuelve así, los experimentos relacionados a los recursos hídricos (la energía potencial gravitacional de las caídas de agua), e eólicos (la energía cinética de la circulación de los vientos), y aún la energía química de los combustibles (en una visión general apenas para atender a la transmisión de calor para producir energía mecánica). Vale

aquí una observación que en la **estrategia 3** va a quedar mejor caracterizado que para producir inducción necesitamos realizar trabajo (una exigencia de la naturaleza para todo proceso donde ocurre transformación de energía y previsto por la ley de conservación de la energía). En la exposición ese trabajo de naturaleza mecánica va a ser mostrada en los experimentos por accionamiento manual a manivela, y también por un chorro de agua (energía cinética), en el experimento de la mini-usina hidroeléctrica, y por las corrientes de viento (energía cinética) en el generador eólico de la casa ecológica. En la termoeléctrica será mostrado que este trabajo también puede ser obtenido por la naturaleza térmica a través de la transmisión de calor en una máquina a vapor de agua (donde haremos una referencia genérica a su funcionamiento sin preocuparse con las especificidades). Una estimativa de eficiencia con lo que ocurre el proceso desde la realización de trabajo en una máquina térmica convencional hasta la generación de energía eléctrica en el generador, va a ser efectuada en líneas generales.

Los **conceptos envueltos** fueron los de: *trabajo y energía* de naturaleza mecánica (*energía cinética y potencial*), *energía térmica* (relacionada a la transmisión de calor entre dos reservorios), y la *energía química* apenas para caracterizar la energía de los combustibles, sin preocupaciones explícitas programadas con el origen de este tipo de energía y la *energía eléctrica* como la energía secundaria útil en el proceso de transformación. A partir del funcionamiento del circuito conectado al generador, entran los conceptos de: *diferencia de potencial* (fuerza electromotriz inducida, tensión, voltaje), *corriente eléctrica*, *carga eléctrica*, y *potencia eléctrica*. Con relación a máquina térmica de la generación termoeléctrica, existe apenas preocupación explícita programada para dar nociones de los conceptos de *temperatura*, de *calor*, citar la realización de *trabajo* sin referirse a trabajo termodinámico. **Cuanto a las proposiciones utilizadas fueron:** que existe una preocupación con el concepto de transformación de energía de una naturaleza para otra (que fue inicialmente explorado apenas en relación a la energía mecánica en la **estrategia 1**). La proposición de la *definición de eficiencia* y del *sentido con que ocurren las transformaciones* (segunda ley de la termodinámica). En la transformación de energía para producir el fenómeno de la *inducción* al énfasis de nuestro recorte es en el sentido de caracterizar la *energía mecánica* como fuente primaria. Mientras tanto el alumno necesita percibir algunos hechos de naturaleza técnica, como el de no ser fácil encontrar disponible fuentes de energía mecánica concentrada en grande cantidad y cuando existe se justifica instalar en el local una usina generadora. Lo que lleva a la necesidad de generación de *energía mecánica* a través de la *energía térmica* para producir *trabajo* (es decir, variación

de *energía mecánica*). El alumno necesita percibir algunos hechos (relaciones propositivas) como el de que en una usina de naturaleza termoeléctrica la *energía térmica* no es directamente transformada en *energía eléctrica* (lo que se constituiría en un modelo mental económico relativo al funcionamiento de la transformación de *energía* en termoeléctrica). Siendo importante trabajar la noción de la existencia de dos niveles de transformación: el primero va a constituirse en el proceso de pasaje del *térmico* para *mecánico*; mientras que en el segundo va establecerse la transformación de *mecánica* para *eléctrica*. Otra proposición es la del *principio de la conservación de energía* (buscando trabajar que en todos los procesos envueltos la energía primaria antes de la transformación es igual a la energía secundaria útil más la energía que no fue utilizada en el proceso después. La proposición de la *ley de Lenz* con la preocupación de asociar en la relación a la transformación de la energía y a la necesidad de realización de trabajo para atender al efecto contrario en el fenómeno de inducción y consecuentemente atender la ley de conservación (asociando al hecho de la energía eléctrica necesita de una fuente primaria para justificar como fue producido) y consecuentemente la ley que regula la eficiencia de ocurrencia del proceso. Observando que en esta estrategia no trabajaremos ampliamente el fenómeno de inducción a través de la ley de Faraday-Lenz conjuntamente, una vez que, una comprensión más amplia de la ley de Faraday ocurrirá por la **estrategia 3**.

La **estrategia 3**, envuelve apenas el siguiente experimento: verificación de la *inducción electromagnética en los sistemas imán-bobina y electroimán-bobina*, (**experimento 4**). Trata de la justificativa teórica al fenómeno de inducción electromagnética en sus especificidades a partir del tratamiento de la ley de Faraday y también llevando en cuenta la ley de Lenz. La estrategia busca trabajar la proposición **de la ley de Faraday**, colocando como **conceptos**: la idea de *flujo de campo magnético* o simplificando flujo de *magnetismo* producido en el espacio; el concepto de variación de *flujo campo magnético* para generar *inducción magnética*, o simplificando, variación de flujo de *magnetismo* variado produce *inducción magnética*; el concepto de *fuerza electromotriz inducida* que será identificado con conceptos semejantes a la *diferencia de potencial*, o aún de forma más técnica identificado como *tensión* o *voltaje*. También puede ser trabajado en su generalidad el concepto de *circuito eléctrico* con sus conceptos específicos de *corriente*, *resistencia*, *potencia* y *carga eléctrica* (que debe ser trabajado en especificidades en la programación de la escuela principalmente en el primer estudio). La finalidad del experimento es la de efectuar una conexión entre el magnetismo y la electricidad mostrando a partir de un concepto de naturaleza más abstracta como los campos

de naturaleza eléctrica y de naturaleza magnética o acompañando la electricidad y el magnetismo de manera más concreta por la fuerza de un imán en objetos con propiedades ferro-magnéticas o en objetos en las proximidades del generador electrostático o aún por la interacción con un electroimán o mismo en la interacción con un hilo con corriente. En este experimento es necesaria la información adicional al concepto trabajado de *corriente* para diferenciar el concepto específico de *corriente alternada* (obtenido experimentalmente con el movimiento oscilatorio del imán próximo a bobina), del concepto de *corriente continua* obtenida con los experimentos con generadores de la **estrategia 4** (célula solar y pila). Aparte de la *ley de Faraday* o otra proposición utilizada para la justificativa de la imantación por la corriente en la bobina fue la *ley de Ampere* (una proposición específica tratada apenas aquí), que describe una situación inversa de que con la corriente eléctrica producimos magnetismo (efecto que fue mostrado en el funcionamiento de un electroimán). En este experimento podemos considerar que estarían aún incluidas las proposiciones de la *ley de Lenz* por complementarse a la *ley de Faraday*. Pero, la ley de conservación de la energía y la ley de la eficiencia y del sentido con que ocurren las transformaciones, fueron consideradas en este momento como proposiciones subyacentes (no era propósito de este experimento que estas proposiciones fuesen explicitadas estratégicamente). Es importante notar que la **estrategia 3** trae más subsidios teóricos conceptuales sobre el fenómeno de la inducción iniciado en la **estrategia 2**, donde encontramos más oportuno tratar a la *ley de Lenz*. En verdad las **estrategias 2 y 3** se entrelazan en la conceptualización y en la utilización de proposiciones y se complementan en el conocimiento sobre inducción al nivel que estamos y en la que nos proponemos abordar para dos diferentes niveles de enseñanza que están siendo acompañados.

La **estrategia 4**, envuelve los siguientes experimentos: la pila eléctrica (*reacción de oxi-reducción*) y la célula solar (*efecto fotovoltaico*). Podría ser inicialmente cuestionado porque dos fenómenos tan diferentes en la producción de *energía eléctrica* fueron programados para ser presentados dentro de una misma estrategia. Existen dos motivos para este procedimiento. Uno se justifica por el hecho de que no se pretende aquí explorar a fondo en detalles y especificidades la generación *electroquímica* y la generación *fotovoltaica* (principalmente en el segundo estudio). La otra es que, a pesar de que los fenómenos sean bastante diferenciados existen muchos trazos de similitud en el funcionamiento técnico de estos dos generadores, en su función de alimentación de los circuitos. Lo que vuelve posible que sean explorados conjuntamente, como en relación al hecho (relación propositiva) que la *tensión* (ddp) de salida ser constante, presentando así los

dos generadores una polarización eléctrica definida y consecuentemente una *corriente continua*. Lo que será comparado posteriormente con a generación por inducción electromagnética de la **estrategia 3**, que funciona la *corriente alternada*. En las analogías efectuadas para caracterizar las diferencias y las similitudes, existen hechos (proposiciones) que necesitan ser marcados como el de que la reacción acida ejerce en las pilas una función similar a la que la luz ejerce en las células solares para efecto de electrización del sistema; como en relación al hecho propositivo que, la placa de zinc y de cobre se encuentran para las pilas en la reacción química de *oxi-reducción* (que va a provocar las electrizaciones de señales contrarias en las placas de zinc y cobre), ejerciendo una función similar a lo que ocurre en la electrización de que las uniones **P** y **N** de la placa semiconductor sufren por *efecto fotovoltaico*, a pesar del fenómeno que provoca la *electrización* en los dos casos son bastante diferenciados. Lo que queremos decir es que tenemos la pretensión de referirnos a los conceptos relativos al proceso de *electrización: electroquímico y fotovoltaico*, inicialmente separadamente, para en la secuencia de presentación de la estrategia buscar asociarlos por lo que muestran trazos característicos comunes que pueden ser explorados concomitantemente. La idea fue la de que, en una perspectiva técnico-científica quede evidenciado, las diferencias y las similitudes entre estas dos formas de generación. Existe así la energía primaria a ser diferenciada, con la pila utilizando la *energía química* (cuyo origen puede también ser tratada como una energía potencial de naturaleza eléctrica), mientras que en la célula solar se utiliza la *energía solar*. En los dos procesos de producción de *energía eléctrica*, existen cuestiones propositivas de eficiencia en la potencia de generación y con relación al costo de fabricación que deben ser comentados para caracterizar la viabilidad económica bien mayor de las pilas en relación a las células solares. Otras características y aspectos de naturaleza técnico-científica que pueden ser comentados son relativos a la degradación que cada una de estas fuentes puede causar con relación al medio ambiente.

Cuanto al conocimiento envuelto: **los conceptos** más relevantes se encuentran discriminados encima por escritos en itálico. Cuanto a las **proposiciones** más utilizadas (también discriminados en itálico) fueron: el *principio de la conservación de la energía*, y el teorema del *sentido* (con que aparecen los tipos de energía primaria y secundaria envueltas) y de la *eficiencia* del proceso. Otra proposición importante específica a cada fenómeno individualmente, se trata del proceso de *reacción de oxi-reducción* (que ocurre entre la solución ácida y las placas de zinc y cobre); y aún la proposición del *efecto fotovoltaico* en la unión **P** y **N** semiconductor. Es importante observar que estas dos

proposiciones fueron presentadas a través de una descripción simplificada en los dos niveles de enseñanza para los cuales el fenómeno fue abordado). Existe aún una proposición importante específica de estos dos experimentos. Se trata del *proceso de electrización* por salida o entrada de *electrones* en cierta región, que a través de fenómenos diferenciados, genera una situación común: *generadores por electrización* como dos polaridades diferentes y permanentes, cuya función es la de fornecer *tensión* y *corriente continua*.

La **estrategia 5**, envuelve apenas el **experimento 7**, del generador electrostático del tipo *Van der Graaff*, donde debe quedar caracterizado el proceso de generación de *energía potencial eléctrica* iniciado por realización de *trabajo* mecánico para el movimiento de la correa (un medio aislante eléctrico). Debe ser comentado el hecho de que la *electrización* en la correa es producida por atrito, que por su vez, va a provocar en la cúpula conductora del generador una *electrización* de naturaleza positiva por *inducción electrostática*. La concentración de carga eléctrica producida en la cúpula es tan alta que se produce un *potencial eléctrico* muy intenso (que llega a ser superior a cien mil Volts). Momento en que vamos a efectuar una comparación con la *diferencia de potencial* de nuestra red eléctrica local de abastecimiento de energía eléctrica que funciona a 220 V. Para tener una mejor comprensión de la comparación buscaremos efectuar una relación entre los conceptos de *potencial* y *diferencia de potencial* y tratar de la disponibilidad de potencia eléctrica en las dos situaciones. En las **estrategias 2 y 3** utilizamos el concepto de diferencia de potencial asociando la *energía potencial eléctrica* y la *potencia* eléctrica producida por el generador en el funcionamiento de los circuitos pertenecientes a los experimentos. Pero una idea sobre el concepto de *potencial eléctrico* es mejor trabajada aquí en el **experimento 7**.

En esta estrategia también colocamos para los alumnos razones históricas relativas al hecho de que los generadores electrostáticos han sido los primeros generadores en la producción de *energía eléctrica*, siendo inventados inclusive antes de las pilas. Cuando aprovechamos para hablar de la baja potencia de esos generadores para alimentar los circuitos eléctricos. Existe una oportunidad para situar al alumno y el generador electrostático, a pesar de producir una alta tensión (un *potencial eléctrico* elevado), el proceso de generación electrostática no es lo suficiente dinámico, presenta una baja potencia, y no útiles para alimentar a los circuitos con la corriente eléctrica que necesitan para un funcionamiento normal en el cotidiano. En este experimento y en las estrategias anteriores cuando nos referimos al concepto de *potencia* (asociado a proposición que define este concepto), como una razón entre la energía producida o consumida y el tiempo gasto

para esto. El concepto y la definición de *potencia* aquí asumen otra proposición (que se relaciona a la definición que venía siendo utilizada ahora va envolver directamente otros conceptos, es decir, la definición de *potencia* va a ser expresada por el producto de la *tensión (diferencia de potencial)* con la *corriente eléctrica* (una proposición que está siendo trabajada principalmente por las **estrategias 2 y 4**, y debe ser usada para mejorar el concepto de *potencia*). También en el generador la caracterización del concepto de *diferencia de potencial* es colocada en el momento de que producimos *descarga eléctrica* (la que es asociada al concepto de *corriente*). Que sólo la diferencia de potencial ocurre ahora en el medio atmosférico. Que por su vez en alta tensión, en el momento de la descarga eléctrica es considerada un medio eléctrico conductor.

Se busca relacionar el fenómeno de descarga con la *diferencia de potencial* en altísima intensidad ahí existente, entre la cúpula del generador y una esfera menor conectada por un hilo conductor a la Tierra (o entre la cúpula y una persona en las proximidades). En este momento había la necesidad de informar que el planeta Tierra era considerado un medio conductor y en razón de esto todos los *circuitos* de la red eléctrica son cerrados a través de un aterramiento. El hecho de la Tierra no ser considerado un cuerpo electrizado (consideramos su potencial eléctrico como nulo). Se busca mostrar en la estrategia de abordaje que el *generador electrostático* presenta diferencias y similitudes en su comportamiento eléctrico en relación a los otros generadores cuyo proceso de electrización o de generación de diferencia de potencial es bastante diferenciado. Era también buscado efectuar una relación de la descarga eléctrica en las proximidades del generador con la electricidad atmosférica de los rayos y relámpagos de los días de tempestades (mostrando de manera simples, sin muchos detalles que este fenómeno es causado en razón de la electrización presente en el vapor de agua en las densas nubes formadas en estos períodos).

En la interacción con la cúpula del generador dos fenómenos explorados el de la descarga eléctrica y del choque entre las personas situadas en las proximidades requerían una justificativa teórica que envolvía una relación entre el *potencial* y la *diferencia de potencial*. Existen muchas aplicaciones de interés para estudio en la electrostática y en la descarga eléctrica en gases. Pero, nos limitamos a promover descargas eléctricas en la atmosfera para referirnos a *energía potencial eléctrica* asociada a un efecto *carga eléctrica-campo eléctrico*. Que ocurre cuando la grande concentración de *carga eléctrica* en la cúpula del generador transmitir un intenso *campo eléctrico* en el espacio que debe causar una

interacción electrostática muy fuerte con los cuerpos vecinos que son *electrizados* por inducción electrostática (que promueve una separación de cargas en el material) y un efecto aún mayor de electrización si es efectuado el contacto eléctrico. También encendimos una pequeña “bombilla neón” aislada en la atmosfera próxima (lo que trae más evidencias en relación a que, próximo al generador la atmosfera deja de ser un medio aislante). La bombilla encendida en suspensión en el aire también caracteriza de forma simplificada que la *energía eléctrica* estaba siendo transmitida a la atmosfera local (momento en que era buscado caracterizar la existencia de una *diferencia de potencial* en la atmosfera y una *potencia* eléctrica instalada en el aire, con intensidad suficientemente para encender la bombilla).

Otro procedimiento en el generador electrostático era relativo a los hilos de algodón bien leve, suelto en las proximidades, para que sean sometidos por inducción electrostática que resulta en un proceso de separación de carga y electrización. Un fenómeno que buscábamos fundamentar por el efecto carga-campo (o apenas colocar que la carga transmite electricidad para el espacio y aún asociar la transmisión de energía eléctrica para efecto de los fenómenos eléctricos provocados por la carga del generador en objetos vecinos); aún era efectuada una referencia la fuerza eléctrica atractiva y repulsiva en el va y viene de los hilos en el contacto entre las manos y la cúpula del generador.

Por último para atender la mayor expectativa de los alumnos frente al generador sería promovido el “escalofrío de los pelos” de las personas en contacto con el generador. En este momento de mayor informalidad se busco trabajar ideas fundamentales de la electrostática: relativa a los procesos de *electrización*, la repulsión eléctrica entre *cargas* de misma señal y atracción entre cargas de señales diferentes.

A pesar de la diversidad de fenómenos que pueden ser explorados en este experimento, los principales **conceptos** envueltos fueron: el de *electrización*, el de *carga eléctrica* (con sus diferentes naturalezas), el de *potencial eléctrico* (y asociadamente el de *diferencia de potencial eléctrico*), el de *energía potencial eléctrica*, el de *campo eléctrico* (al cual buscamos asociar la diferencia de potencial eléctrico, y la energía potencial eléctrica), el de *descarga eléctrica* (asociado al concepto de *corriente*), y aún algunos conceptos específicos como el de *aislantes* y *conductores* eléctricos. Cuanto a las **proposiciones** trabajadas fueron: *los procesos de electrización* de los cuerpos (por atrito, contacto e inducción); que en medios sólidos a cambio de carga eléctrica o *electrización*

ocurre por salida o entrada de electrones; la *propiedad de conservación de la carga*; la naturaleza atractiva y repulsiva en la *interacción entre cargas*; cuanto a los principios de la conservación de la energía presente en la generación electrostática; y cuanto a eficiencia y sentido con que ocurre el proceso de transformación (para relacionar *trabajo* efectuado para la fricción de la correa en su *electrización* y retirar *carga eléctrica* por inducción de la cúpula, cuyo efecto final es la producción de energía potencial eléctrica en la cúpula del generador). Estas dos proposiciones, contenidas en los dos principios de naturaleza generalista que estamos utilizando en el tratamiento del tema, a pesar de encontrarse subyacentes, pueden ser comentadas durante la exposición del **experimento 7**.

A pesar de diferentes funciones específicas que desempeñan el generador en la exploración de diferentes fenómenos, la idea de su utilización aquí ocurrió en la perspectiva de ser un generador de energía eléctrica no convencional por no ser usado en el consumo. En la diversidad de fenómenos que pueden ser explorados, lo que fue presentado fue descrito apenas en su aspecto más general evitando entrarse en sus especificidades. Existía ahí la preocupación de asociar como la causa de los fenómenos la producción de energía potencial eléctrica a partir de la *electrización*. La propia idea de campo eléctrico estático tuvo el sentido de caracterizar una manera de transmitir energía potencial eléctrica a la materia contenida en el espacio (desarrollando un proceso de electrización en la misma). En la narrativa cualitativa de la investigación va a quedar caracterizado que, en el segundo estudio buscamos flexibilizar profundamente el abordaje al contenido, en que, un tratamiento diferenciado también podría reflejarse en la programación escolar, un hecho que a pesar de recomendado, quedó a criterio del profesor. En este aspecto de simplificación de abordaje al contenido, citamos como ejemplo, el hecho de poder utilizarse la idea de campo eléctrico o apenas referirse a electricidad; el hecho de utilizarse el tratamiento con la idea de campo magnético o apenas referirse al magnetismo.

Con la presentación de estas cinco estrategias acabamos de recorrer todas las estrategias contenidas en la **clase de situaciones de enseñanza 1**, que fueron propuestas para facilitar el dominio sobre el tema establecido. En la trama conceptual utilizada en estas cinco estrategias los conceptos más generales y amplios trabajados fueron: el de *energía* (atribuido principalmente a las diferentes naturalezas: *mecánica, eléctrica, luminosa, química, y térmica*), *trabajo, eficiencia, energía del tipo cinética y energía del tipo potencial* (mecánica y eléctrica). Los principales conceptos específicos pertenecientes a los experimentos contenidos en esta clase, fueron: *potencial eléctrico, diferencia de potencial,*

*carga eléctrica, corriente eléctrica, inducción electromagnética, efecto electroquímico, efecto fotovoltaico, circuito eléctrico, y potencia.* Para estos conceptos que aparecerán en más de una situación existe una trama conceptual utilizada en la superposición de las estrategias elaboradas, lo que va a posibilitar más reflexiones visando un dominio conceptual más amplio.

La última estrategia presentada abajo se refiere a la **clase de situaciones 2**, que podemos denominar de una clase que envuelve la energía alternativa para sistemas de calentamiento que usan como fuente primaria la energía solar. También podría ser caracterizada como la clase de la transmisión de calor teniendo tal vez como único fenómeno de complejidad asimilativa el efecto invernadero (efecto estufa). En razón de las limitaciones de esta clase comparado con la clase anterior, se propone que la misma fuese presentada a través de una única estrategia, la **estrategia 6**, para explorar los conceptos y proposiciones relevantes a esta clase. Pero, a pesar de elegir en esta nueva clase pocos conceptos y proposiciones, los más generales e inclusivos, ya componen las estrategias anteriores y deben continuar vigorando en esta clase. No se puede olvidar que estas dos **clases de situaciones 1 y 2** se complementan para ampliar el dominio conceptual sobre este tema.

**La estrategia 6**, que envuelve apenas el **experimento 8**, y se subdivide en tres experimentos que fueron colocados como **clase de situaciones de enseñanza 2**, y que se refiere al calentamiento por irradiación solar. Los tres casos explorados fueron: el calentamiento *foto-térmico* de agua que utiliza el *efecto invernadero (efecto estufa)*; la *cocina solar* un sistema que utiliza fundamentos de la óptica geométrica al calentamiento; y el horno solar (una caja cerrada con material transparente que utiliza el *efecto invernadero* para calentar el ambiente con una temperatura más elevada; utilizado en secar o deshidratar productos y alimentos). La fundamentación teórica en términos de **proposiciones** utilizadas fue: *la relación entre calor y temperatura*; el *efecto invernadero*, *leyes de reflexión de la luz* en espejos curvos *cóncavos* para comprensión de la concentración de los rayos solares, en la amplificación de la *intensidad de la energía solar* captada; también envolviendo, en los experimentos, las formas de *transmisión de calor* (por *irradiación*, por *conducción* y por *convección*); y envolviendo aún, *el principio de la conservación de la energía*, y *el principio del sentido* que el calor se transmite siempre espontáneamente de un reservatorio de temperatura mayor para otro de temperatura menor. En este proceso, el calor inicial es siempre transmitido por irradiación, teniendo como

fueron alternativas primarias (o reservorios calientes) el Sol. En la sucesión del proceso es que van a aparecer las otras formas de transmitir calor, que dependiendo del caso, se encuentran relacionadas a la necesidad técnica del calentamiento térmico para atender a un determinado fin (cocimiento, deshidratación, calentamiento). Cuanto a los **conceptos** relevantes involucrados fueron nociones de: *temperatura, calor* (transmitido por *conducción*, por *convección* y por *irradiación*), *efecto invernadero, energía térmica, foto-térmico, radiación térmica o infrarroja, cuerpo negro*; y más algunos conceptos específicos como: *intensidad de radiación solar, reservorio de calor, sistema termodinámico, medios transparentes y medios opacos, reflexión de la luz*.

La denominación de calentador *foto-térmico* utilizado conceptualmente en esta estrategia ocurrió más en razón técnica de como los calentadores de agua para fines comerciales aparecen denominados en el comercio. Lo que, de cierto modo, puede facilitar una diferenciación con la irradiación solar para fines fotovoltaicos. Lo que estamos presenciando es que la caracterización de la luz como fotones para la finalidad de transmisión de calor, por irradiación, en un proceso de calentamiento continuo, es más una cuestión de estilo de que una necesidad conceptual. La fundamentación teórica es diferente de lo que existe cuando nos referimos, al efecto cuántico fotovoltaico, donde la naturaleza de la energía transmitida necesita ser tratada discretamente. Pero esta denominación próxima puede causar confusión en ambos conceptos si no tomamos los debidos cuidados durante el tratamiento efectuado por las estrategias involucradas con estas cuestiones.

Esperamos que, con la finalización de la presentación de las estrategias, pueda ser formada una jerarquía conceptual, en razón de la frecuencia con que fueron citados los conceptos y las proposiciones utilizadas (leyes, principios, definiciones y relaciones). Existen conceptos, más generales e inclusivos, que explícitamente o aún subyacentemente, deberían aparecer en todas las estrategias de presentación de los experimentos, dentro de una clase o en toda la programación. Existen aún los conceptos más específicos que aparecen siendo trabajados en apenas una estrategia o inclusive en un experimento. Para evaluar el dominio conceptual relativo al tema, podemos observar que en nuestro sistema de evaluación buscamos incorporar prácticamente todos los conceptos más relevantes involucrados. Lo que puede ser visto explícitamente en el TANC (test de asociación numérica de conceptos), e implícitamente en las preguntas de los cuestionarios descriptivos (principalmente en lo que denominamos de problematización de los experimentos de la exposición). Cuanto a los mapas conceptuales se espera por el criterio de evaluación

utilizado, considerado como estándar de referencia, el mapa desarrollado por el especialista (el cual a pesar de haberse mantenido en el cajón durante la investigación), busca reflejar a la organización estructural de las estrategias de enseñanza programadas. Esperamos que delante de un abordaje estratégico de la programación podamos ir influenciado al alumno en la sucesión prevista de confección de mapas conceptuales para llegar a un desempeño satisfactorio. Pero debe ser observado que existirán otros procedimientos evaluativos como el del acompañamiento cualitativo del caso, donde algunos conceptos como el de *eficiencia*, de *temperatura*, de *calor*, de *corriente eléctrica*, de *carga eléctrica*, entre otros que en esta investigación en el proceso de evaluación tuvieron su uso menos frecuente, por ser considerados conceptos específicos o sean considerados implícitos conceptuales que quedaron subyacentes durante la presentación de los experimentos de la exposición pero que estarían en la sistemática de la programación escolar (teniendo así más oportunidades de que sean tratados y mejorados durante la programación escolar).

Otro aspecto a la que ya nos referimos, envuelve el nivel del lenguaje utilizado y la profundidad alcanzada en cada concepto y proposición utilizada en las estrategias. Lo que quedo de cierta forma, condicionada, al nivel de escolaridad de cada estudio y al nivel de dificultad encontrado en cada grupo de alumnos que acompañamos. Debe quedar caracterizada la preocupación en diferenciar el nivel profundo de abordaje conceptual de acuerdo con el nivel de enseñanza para lo cual se destinó cada estudio. Pero solamente a partir del análisis efectuado por el sistema de evaluación escrita y oral (utilizado para la narrativa cualitativa de esta investigación), es que podría mostrar evidencias de los aspectos relativos a la simplificación de la programación, delante de dificultades que puedan haber ocurrido.

Como puede ser visto, en la evaluación de desempeño del grupo de alumnos se utilizó todas las formas de evaluación escrita y oral (por entrevista y por grabación, por registros escritos y aún por acompañamiento presencial). Los mecanismos evaluativos utilizados deben mostrar si la estrategia utilizada en la programación tuvo o no tuvo funcionalidad y en qué nivel esto podría haber ocurrido, en la adquisición significativa de conceptos y proposiciones.

Cuanto a la evaluación del desempeño del profesor frente a la programación y en la preparación de los alumnos con relación a los objetivos de la acción integrada, el acompañamiento será efectuado por la confección de dos mapas conceptuales (uno al inicio

en la fase de preparación del profesor y el otro al final de las actividades); y aún por la descripción cualitativa a partir de grabaciones en clases, acompañamientos presenciales durante las visitas y en acciones combinadas con el especialista/investigador en la escuela, y aún en trabajos conjuntos del investigador con el profesor en la coordinación/ evaluación del andamiaje de la acción integrada, entre otros registros que sean de interés al incorporar.

#### **4.6 Diseño de la investigación.**

##### **4.6.1 La estructura del diseño de la investigación.**

Una vez ya formulado el problema de la investigación, colocado los personajes de campo donde se desarrolla el estudio y aún presentado la programación de enseñanza (con estrategias y metodologías de acción con base en fuentes de referencias de la psicología educacional), mostraremos ahora la estructura del diseño de la investigación.

Un diseño investigativo de como se estructura y organiza un estudio cualitativo envuelve una fase pre-activa de preparación, en la que se lleva en cuenta algunos aspectos relativos al caso y al campo de estudio. Tales como, los fundamentos epistemológicos (nuestros pre-conceptos, fundamentos teóricos), los objetivos pretendidos, la información disponible, el criterio utilizado en su selección, influencia del contexto, recursos y técnicas a ser utilizados (Serrano, 1998). En seguida tenemos una fase interactiva (una fase activa), que corresponde al trabajo de campo en que son implementados los procedimientos planeados al desarrollo del estudio. En esta fase operativa donde se van a utilizar diferentes técnicas de acompañamiento como el de la entrevista, registros en observaciones de los participantes y de los no participantes, y evidencias documentales, donde se va a tomar contacto con el efecto en el aprendizaje en la programación de la enseñanza propuesta. Un período en que van a ser efectuadas negociaciones, que van a servir para delimitar los caminos a ser seguidos por el investigador. En esta fase el procedimiento y el desarrollo investigativo, para efecto de evaluación, debe ocurrir a través de: un diario de acompañamiento (grabaciones y transcripciones), un archivo de entrevista (grabaciones y transcripciones), y por pruebas de evidencias documentales escritas: test, cuestionarios, y mapas conceptuales. En esta fase de actuación en el campo, para ir formando una idea

evaluativa del caso es importante que también utilicemos el procedimiento de triangulación, entre diferentes fuentes de buscar información (ibid.).

La última fase del estudio es la fase pos-activa que se refiere a la elaboración de un informe descriptivo final de naturaleza evaluativa y conclusiva (la fase en que el estudio es escrito). Lo que implica en una descripción densa fundamentada, en que son simplificados los datos identificándolos en categorías y examinando la clasificación efectuada para emisión de un juicio final en esta fase conclusiva de la investigación, van a ser detalladas las reflexiones críticas del investigador sobre el problema estudiado. Este análisis crítico de carácter personal puede ser incluido en el informe final descriptivo del estudio o ser colocada en separado. Del informe etnográfico debe constar la elaboración de un informe inicial con grabaciones, transcritos, entrevistas, entre otros registros de datos, y la elaboración de un informe final que consta de un análisis descriptivo e interpretativo de estos datos, conteniendo aún una reflexión crítica sobre los resultados del estudio (ibid.).

El análisis cualitativo-descriptivo de un estudio, desde el inicio hasta su fin de la investigación exige del investigador la habilidad de escribir de forma clara, exacta y atrayente. En este tipo de relato científico saber contar el caso con exactitud es imprescindible. El investigador como principal instrumento de recopilación de datos, debe buscar captar las informaciones importantes en el transcurso de la observación, a medida que van surgiendo hechos interesantes en lo que se investiga. Por esta razón, el investigador necesita dominar suficientemente el asunto focalizado para que con su madurez pueda garantizar la procedencia de la evaluación efectuada. Tanto en razón a la selección y utilización del contenido que necesita ser enfocado en el campo de observación (desarrollando experimentos, metodologías, estrategias didácticas, programación), cuanto a la razón del referencial teórico que estructura los instrumentos de evaluación y la que analiza, justifica los resultados. Es necesario llevar en cuenta en este tipo de proceso investigativo que el investigador interfiere en lo que se está investigado, una vez que, funciona como un filtro de las constataciones que compondrán el conjunto de datos. Una vez que, el investigador determina y considera para registro lo que es importante y lo restante es eliminado o no es llevado en cuenta (Moreira, 1988; Serrano, 1998).

Al empezar el estudio, el investigador trae a priori apenas algunas suposiciones, que pueden hasta no ser aún bien definidas sobre el trabajo a desarrollar. Así muchas veces, las hipótesis para estudio pueden no encontrarse inicialmente bien definidas para delinear

procedimientos bien definidos de investigación. Pueden, sin embargo, constituirse en puntos de partida, que pueden revelar o no, durante el estudio la necesidad de establecerse otras suposiciones. La constitución de hipótesis claras va revelándose en la madurez del estudio, cuando el propósito a ser alcanzado con sus posibilidades de éxito en lo que se estudia y va quedando más claro (Moreira, 1988; Serrano, 1998, Flick, 2004). Así la implantación del trabajo de campo de la investigación ocurrió, visando mostrar el alcance de la estrategia elaborada en el abordaje a los experimentos y en su inclusión en la programación escolar. A pesar de la vivencia del especialista con este tema y de un trabajo de sensibilización y preparación del profesor, y aún del apoyo traído por algunas citas de la literatura para contornar las dificultades del aprendizaje relativo al contenido explorado y relativo a recomendaciones para esa acción integrada, el asunto tratado sólo iría presentarse incorporado en la mente de quien aprende de forma clara y con significados científicos progresivamente. Lo que tendría que ocurrir en el transcurso de las tres fases previstas de la investigación en cada estudio, cuando iremos a mostrar si la programación de enseñanza surtió o no algún efecto, lo que puede ser y no ser conseguido.

La investigación cualitativa descriptiva que procedemos vino a requerir un trabajo de acompañamiento del profesor y del grupo de alumnos que, algunas pocas veces, ocurrió de cerca con la presencia del investigador, pero que, la mayoría de las veces tuvo que correr con el investigador de fuera de la actividad escolar. Para no interferir en las acciones de la acción integrada que tendrían que ser efectuadas por el profesor o aún dificultar esas acciones, y aún intervenir en la autonomía de su trabajo, que estaría siendo acompañado, en la mayoría de las veces, con el investigador de fuera de la acción en la escuela. El período en que se dio cada estudio fue planeado para ser efectuado de forma continua durante un tiempo que fuese suficientemente para percibir y diferenciar: los parámetros que se mantenían permanentes, de lo que se mostraban eventuales ; de lo que era prioritario y de lo que era secundario; los detalles y las oscilaciones verificadas; lo que puede y lo que no puede ser determinado; la visión que puede ser extraída de las informaciones emitidas y de las acciones observadas, en las diferentes personas acompañadas (entre otras situaciones y registros de datos levantados en la investigación).

Vale aún resaltar que, la interpretación dada a los resultados del estudio puede ser influenciada por factores previstos que pueden ser controlados (como la no existencia de subsunores adecuados). Y aún por factores imprevistos relacionados al campo donde ocurrió el estudio que no pudieron ser controlados (como un atraso del grupo escolar a

la visita a la exposición; la falta de concentración, interés o motivación de los alumnos en momentos cruciales como el de la visita a la exposición; el profesor no consigue conducir en el aula el trabajo planeado). Existen así, muchas veces, factores incontrolables, que pueden interferir e influenciar en el resultado del estudio. Dentro de la narrativa del acompañamiento cualitativo buscaremos anotar en el proceso investigativo los factores adversos más importantes que aparecen y si los controlamos o no controlamos.

#### 4.6.2 La estructura del diseño de la investigación en la fase activa.

En el delineamiento investigativo colocado deben ir procediéndose las posibles interpretaciones y soluciones a corto, medio y largo plazo del estudio. Tomando por base las hipótesis iniciales formuladas buscaremos efectuar algunas conjeturas relacionadas a lo que va ocurriendo en el campo estudio con los datos obtenidos en el sentido de analizar si esas hipótesis pueden o no ser comprobadas, o si necesitan o no ser reformuladas. De esta manera, a través de una investigación de naturaleza experimental y de análisis cualitativa, observaremos el aprendizaje del grupo escolar a partir de la acción integrada con la exposición, compuesta de tres fases de acompañamiento.

Efectuaremos ahora una síntesis del diseño o secuencia investigativa de la fase activa o interactiva, que va a ser mostrada por el diagrama presentado abajo:

$(A_{\text{previa}} + E_{\text{antes}} + O_{\text{primera}}) \blacktriangleright (E_{\text{después}} + A_{\text{después}} + O_{\text{segunda}}) \blacktriangleright (E_{\text{después}} + A_{\text{después final}} + O_{\text{tercera}})$

Siendo que en este diagrama (**A**) representa los registros de evaluación utilizados en cada etapa; mientras que (**E**) representa el estudio efectuado en la escuela en función de la visita y finalmente (**O**) representa las visitas efectuadas en cada fase. Cada fase es compuesta de registros evaluativos (**A**), más estudios en la escuela en función de la visita (**E**), y aún de visitas a la exposición (**O**), que se encuentra especificada en el diagrama encima por: (**A**<sub>sub-escrito</sub> + **E**<sub>sub-escrito</sub> + **O**<sub>sub-escrito</sub>).

El diagrama muestra que tenemos en la acción integrada museo-escuela tres fases previstas: una primera fase que consta de una evaluación previa, de un estudio en la programación de la escuela denominado de revisión y preparación para la primera investigación y de apenas preparación en la segunda investigación y que termina durante la primera visita, que está siendo representada en el diagrama por: (**A**<sub>previa</sub> + **E**<sub>antes</sub> + **O**<sub>primera</sub>) ; una segunda fase iniciada después de la primera visita en la secuencia complementar del

estudio en la programación de la escuela, con acompañamiento evaluativo en el período después de la primera visita y concluida durante la segunda visita, que está siendo representada en el diagrama por: ( $E_{\text{después}}+A_{\text{después}}+O_{\text{segunda}}$ ); y finalmente una tercera fase iniciada después de la segunda visita en la secuencia complementaria de estudio en la programación de la escuela, que envuelve una evaluación iniciada después de la segunda visita, envuelve también la tercera visita, y es concluida en las evaluaciones finales, siendo representada en el diagrama por ( $E_{\text{después}}+A_{\text{después/final}}+O_{\text{tercera}}$ ).

#### **4.7 Focalizando la investigación.**

La intención es investigar posibilidades de enseñanza y aprendizaje de tópicos de Física en situación de colaboración entre el Centros de Ciencias y la escuela, la que denominamos esa alianza de acción integrada museo-escuela.

Los resultados obtenidos en la fase exploratoria de esta investigación, nos permitirán concluir que el aprendizaje en los museos está condicionado a una base de conocimientos previos, muchos de ellos adquiridos en la escuela. Así el punto de partida es averiguar en la escuela las dificultades del profesor y del grupo de alumnos al abordar temas relacionados con el enfoque dado en la exposición del museo. Siendo necesario que se trabaje en la preparación de una base de conocimientos haciendo lo posible para que el alumno participe de la acción integrada atribuyendo significados científicos sobre lo que será estudiado. Es importante resaltar que el profesor en su preparación para actuar en la acción integrada necesita ser acompañado en el sentido de mostrar el soporte teórico y metodológico que está utilizando debido a las necesidades de adecuación a los requisitos de la alianza, una vez que los mismos serían transferidos para la preparación de sus alumnos. Los alumnos necesitaban tener una idea anticipada en la escuela inicialmente de nociones de contenido programático de la exposición, sin entrar en detalles de lo que consistía y cuál es la función de cada uno de los experimentos seleccionados y posteriormente después de la primera visita se daría continuidad en la escuela al contenido explorado en la visita a la exposición, en un *feedback* que sería norteado por las sucesivas visitas.

#### **4.8 Los registros evaluativos efectuados.**

#### **4.8.1 Consideraciones introductorias.**

Nuestro principal acompañamiento de la investigación fue de naturaleza cualitativa, en el acompañamiento informal del día a día de trabajo de campo de grupo escolar (profesor e alumnos), en el curso de la programación disciplinar tanto en el aula de la asignatura en la escuela cuanto durante las visitas programadas al Centros de Ciencias. Pero, fueron también incluidos otros registros escritos traídos como pruebas documentales formales de la investigación (cuestionarios, mapas conceptuales, test de asociación numérica de conceptos), programadas para ser aplicadas en etapas definidas. Como resultado de la característica inductiva del estudio cualitativo, la colección de datos, el análisis e interpretación de los resultados y la propia reformulación de las hipótesis iniciales (si necesario), deben ser efectuadas concomitante en la secuencia de esta investigación. La investigación cualitativa es relevante por buscar el conocimiento del alumno asociando actitudes, valores, sentimientos, y significados, de las ideas sobre el tema utilizado (Dauster, 1999). Este acompañamiento cualitativo ocurrirá: por registros escritos de observación presencial en el contacto directo en reuniones y tareas con el profesor y con los alumnos; por observación no presencial utilizando los transcritos de audio de grabaciones; por algunos registros efectuados por imágenes en vídeo y fotos, y por entrevistas (que estaremos considerando como una evaluación cualitativa de naturaleza formal).

Todo el proceso evaluativo formal de la aplicación de los instrumentos escritos a realización de entrevistas será efectuado con los alumnos en la escuela. El acompañamiento informal será decurrente de las actividades en la escuela y en la visita al Centros de Ciencias.

#### **4.8.2 La entrevista.**

La observación investigadora por la entrevista semiestructurada y abierta necesita ocurrir de forma que, se ejerza una cierta sistematización y un cierto control para que sea efectuada con rigor. Así al preparar una entrevista se hace necesario un planeamiento en que se pueda: a) delimitar el contenido de estudio; b) preparar el material en amplios aspectos a partir de los objetivos: planeando preguntas, una secuencia que sea flexible, definir el grupo de entrevistados, propiciar condiciones psicológicas favorables a la confianza y bien estar creando una situación favorable a que las respuestas del informante sean fidedignas y válidas; c) efectuar registros descriptivos a través de anotaciones, audio y video buscando

encontrar aspectos relevantes colocados en el contenido del discurso y en las expresiones visuales (Selltiz , 1987; Lakatos et al, 1996; Bourdieu, 1998; Flick, 2004).

Para realizar una entrevista el investigador necesita conocer algunos procedimientos a ser seguidos por el entrevistador. En una entrevista se debe atender para el carácter de la interacción que la permea, donde no puede existir una relación jerárquica que quede visible durante la acción, entre el entrevistador (el investigador) y el entrevistado (el alumno) (Flick, 2004, p. 89-121). En esta interacción debe existir, una atmosfera de influencias recíprocas, entre las intervenciones del investigador y del entrevistado. A pesar de que la entrevista requiere un preparo anticipado dentro de lo que se pretende investigar, la estructura montada para una entrevista no necesita seguir un esquema básico rígido. Siendo así, no debe haber una imposición de un orden rígido en las cuestiones a explorar, permitiéndose adaptaciones y cambios en la secuencia, una situación semiestructurada que va a depender de lo que está ocurriendo en su andamio. Mientras tanto, aún en una entrevista semiestructurada es necesario establecer un guión que guie la entrevista en los tópicos principales a ser cubiertos dentro de un orden lógico-psicológico. El entrevistado debe discurrir sobre el tema con base en aquello que él ya sabe y piensa sobre el asunto, dentro de un clima de aceptación mutua, donde pueden existir estímulos en las intervenciones del entrevistador para que las informaciones necesarias a ser obtenidas vayan a fluir de forma autentica y de manera que sea notable que se trata de aquello que el entrevistado piensa. En el dialogo a ser mantenido en busca de extraerse el pensamiento del entrevistado sobre lo que se investiga, es necesario que el investigador tenga el cuidado de orientar, estimular, sin conducir o inducir las respuestas de los entrevistados por su forma de pensar el asunto exclusivamente, por aquello que mejor se adecuaría al que desearía oír sobre el asunto, lo que venga a adecuarse mejor a sus concepciones (ibid.).

La entrevista semiestructurada enfocada en la exposición y después de un debate en el aula, tiene como objetivo buscar evidencias de estímulos, en los alumnos, para la comprensión del tema energía delante del trabajo efectuado en cooperación con la escuela. Para eso, fueron hechas referencias a las situaciones experimentales para evaluar el dominio conceptual de los sujetos. (Rosa et al, 2006). La meta es que dentro del dialogo se extraiga lo máximo de comentarios posibles auto-reveladores en que el sujeto muestre la forma como el material de estímulo fue aprovechado (Rogers, 1944, apud Flick, 2004, p.90-91). En la estrategia utilizada en la entrevista, para aumentar el grado de profundidad con que son tratadas las indagaciones de la entrevista, es recomendado el “enfoco en sentimientos”

inferidos o expresos, buscando hacer referencias a situaciones comparativas, dentro de una sistemática con estilo no directivo en la conducción del dialogo (Rogers, 1944, apud ibid.). La entrevista centralizada en el problema con un guía específico, busca reunir cuestiones y estímulos narrativos para obtener informaciones relevantes, el dominio de la concepción, sobre un determinado problema o sobre una clase de problemas. Hace esto utilizando como criterios: la orientación del investigador para tratar de un problema específico de relevancia; que el estudio sea orientado para el objeto de estudio en sus métodos y modificaciones necesarias para atender al objeto; que la orientación del proceso ocurra en el proceso de estudio e en la comprensión del objeto de estudio (Flick, 2004, p.100-101). Las informaciones relevantes buscadas durante la entrevista se encuentran relacionadas al nivel de dominio conceptual del tema energía que constaba de nuestra exposición.

Considerando que, la grabación hace con que la documentación de datos se vuelva independiente de las perspectivas del investigador y de los sujetos en estudio, y parte para la idea de que con esos sistemas se obtienen registros naturalistas de eventos (Flick, 2004, p.179-180). Para análisis de los datos gravados la transcripción será una etapa necesaria en el camino de la interpretación de la información (ibid.). Pero, también pueden ser utilizadas notas de campo, que se constituye en un medio clásico de anotaciones de datos por el investigador. Estas notas deben apenas contener elementos esenciales de las informaciones buscadas, para que el registro no interrumpa la expresión de significados ni quiebre formas de pensamientos (Flick, 2004, p.208-210). A través de la transcripción de los datos gravados y anotaciones efectuadas por el entrevistador se espera establecer el nivel de información relativo al dominio del campo conceptual contenido en nuestra programación didáctica.

#### **4.8.3 Los mapas conceptuales.**

En esta investigación donde buscábamos observar la influencia de dos clases de experimentos en el desarrollo de la estructura cognitiva de los alumnos referente a la estructura conceptual presente en los fenómenos mostrados sobre energía, la evaluación a partir de la construcción de los mapas se constituye en una prueba documental escrita de mucha importancia.

Los mapas conceptuales (MC) fueron desarrollados y utilizados por Novak por la primera vez en 1972 en un trabajo con niños de la escuela primaria. En la actualidad existen millones de estudiantes utilizando mapas conceptuales en su proceso de construcción del conocimiento. Según él, desde la publicación de su artículo: *Clarify With concept map*, él ha aprendido una cantidad substancial de cosas que pueden a través de los mapas, ayudar a volverlo claro, lo que los aprendices conocen dentro de cierto dominio para ayudarles en el aprendizaje (Novak, 1997).

Su construcción y uso toman por base algunas pocas ideas epistemológicas y psicológicas fundamentales de la construcción del conocimiento. Por el lado epistemológico afirma: primero que, en todo conocimiento creado por seres humanos se busca percibir regularidades en eventos u objetos o en registros de eventos u objetos, y que se designan esas regularidades como etiquetas (usualmente palabras que expresan conceptos); y de acuerdo a que, acostumbramos percibir relaciones entre conceptos, y esas relaciones son denominadas de proposiciones. Así la idea epistemológica fundamental es la de que el conocimiento es constituido de conceptos y proposiciones.

Cuanto a la idea psicológica se encuentra asociada a la creación, arraigada a nuestra capacidad en percibir regularidades en eventos u objetos observados y de usar el lenguaje para designar esas regularidades. Según Novak existe una enorme capacidad en el ser humano en percibir regularidades en eventos y objetos de nuestro medio ambiente y en utilizar por sí propio, rótulos lingüísticos para codificar y designar estas regularidades, que no necesitan ser enseñadas (ibid.).

Delante de este contexto queda como función para el sistema educacional, promover un amplio espectro de experiencias con eventos y objetos. Lo que debe ser efectuado en una secuencia que ayude al aprendiz percibir y relacionar nuevos conceptos y proposiciones con su conocimiento anterior, en la perspectiva del aprendizaje significativo (ibid.).

Los mapas conceptuales han sido muy difundidos en educación en la evaluación de la estructura cognitiva en relación a un cierto contenido y para sintetizar la estructura de una programación de enseñanza, por el hecho de ser diagramas jerárquicos que buscan mostrar una organización conceptual de como los conceptos se relacionan (Cañas et al, 1997; Moreira et al, 1987, 1993; Fermin et al, 1992; Novak, 1998, 2000; Cañas, 2005; Moreira et al, 2009).

En su sentido amplio, los MC podrían ser vistos apenas como diagramas que indican con los conceptos de cierto contenido y se encuentran relacionados. Pero, existen algunos a ser seguidos para su construcción en que: primero debemos identificar los conceptos relevantes dentro de cierta teoría, para después colocarlos en una disposición que muestre al mismo tiempo la relación y la jerarquización dentro del mismo diagrama. Los mapas conceptuales más comunes estructuran los conceptos en un diagrama en dos dimensiones (en el plano). Un mapa conceptual no puede ser confundido con un diagrama de secuencia, clasificación o categorización de conceptos o parámetros relativos al asunto. En un mapa conceptual entra apenas conceptos en las unidades de referencia del diagrama (células constituyentes). No pueden entrar otros parámetros de una teoría, entran apenas conceptos, y por esto, necesitamos tener idea de cuáles son los conceptos de cierta teoría o unidad de estudio. Por ejemplo, en el caso de la Teoría Física: una ley, un principio, una definición una expresión, una relación no puede ser visto como un concepto y sí como algo compuesto por una asociación de conceptos que dan sentido a lo que está siendo descrito. Con esto no estamos queriendo afirmar que, estamos colocando en el mapa apenas conceptos primitivos de cierta teoría. Por ejemplo, la velocidad es un concepto compuesto, que debe entrar en el mapa de la mecánica, inclusive que en este mapa también se encuentren el espacio y el tiempo, conceptos primitivos que relacionados definen la velocidad. Así todos los conceptos relevantes relativos a un asunto, primitivos o derivados deben entrar en el mapa (Moreira, 1987).

Los conceptos más generales e inclusivos deben tener destaque tanto en la representación del diagrama como en la disposición relativa a la jerarquización (ser el concepto primero, en la cumbre, en el centro o en la izquierda, de la onda y se ramifica para otros conceptos menos generales). Ya los conceptos más específicos, tiene menos destaque en el mapa (y no presentan ramificación, pudiendo ser ligados por relaciones). La jerarquización puede ser vertical normalmente de arriba para abajo y ramificando para las laterales; puede ser horizontal, de la izquierda para la derecha, ramificando para abajo y para arriba; y aún puede ser del centro para la periferia del mapa, ramificando en todas las direcciones. La jerarquía está relacionada a la importancia del concepto, que puede ser definida por el aspecto general e inclusivo, dentro de cierto contenido de estudio. Por ejemplo, en la Teoría Física, fuerza y energía son dos conceptos muy generales e inclusivos, pues cubre una relación muy grande con otros conceptos. La jerarquización de los conceptos en el mapa, debe ser efectuada según una diferenciación progresiva de como ellos aparecen en el abordaje del contenido. Aparte de la diferenciación progresiva en la

disposición, es necesario también explicitar las relaciones entre proposiciones y conceptos existentes en el abordaje del contenido, buscando mostrar semejanzas y diferencias en un proceso de reconciliación integradora en la conexión y disposición de los conceptos en el mapa. Un mapa en la ramificación jerárquica y en el relacionamiento de los conceptos debe presentar una estructura que muestre una simetría en la disposición de los conceptos (ibid.).

El relacionamiento y la jerarquización entre conceptos en el mapa son mostrados por una línea de conexión de forma directa o indirecta por la conexión a un concepto más amplio, con una seta para indicar el sentido o no, y va a depender si la relación es unívoca o biunívoca. Esta línea de conexión entre las células puede contener una proposición corta, una palabra o mismo una expresión matemática, a la que denominamos de conector de conexión. Estos conectivos a pesar de que son opcionales son muy adecuados para quien construye un mapa, por su poder de integrar, de explicitar, de dejar claro, la forma con que los conceptos se relacionan o aún se jerarquizan (ibid.).

El mapa conceptual es un instrumento de evaluación, una vez que, el sujeto que lo elabora consigue mostrar como un contenido de estudio, en su todo, se estructura por un conjunto de conceptos considerados, a partir de la relación y de la jerarquización conceptual, de lo que se encuentra representado en su mente. Cada persona que elabora un mapa coloca características propias, teniendo muchas veces, que pasar a comprender un contenido científico, que presenta un único significado. La evaluación por mapas difiere mucho de las formas usuales tradicionales de evaluación, porque este instrumento muestra lo que los alumnos saben sobre los conceptos envueltos de cierta teoría, de cómo estos conceptos se estructuran, se jerarquizan, se diferencian, se relacionan, se discriminan, y se integran (ibid.).

Como recursos de instrucción estos mapas muestran relaciones de subordinación y súper-ordenación necesarias, cuando se quiere representar concisamente, una función substancial de la utilización de mapas, las estructuras conceptuales de lo que está siendo enseñado (en el caso del profesor) o aprendido (en el caso del alumno). Mientras tanto, los mapas conceptuales no exigen a las personas del compromiso de explicación del mapa. Una vez que, subsidios complementares de conocimientos sobre el asunto, pueden ser pasados a partir de las relaciones, jerarquizaciones y conectivos utilizados. El propio profesor puede elaborar un mapa conceptual de una unidad de estudio a ser iniciada, para utilizarlo como recurso de instrucciones con sus alumnos. La idea sería la de buscar situar a

los alumnos desde el inicio e ir formando una visión, sobre la estructura conceptual del contenido en su todo, mostrando progresivamente, cual es el significado de esta estructura en la comprensión de la unidad de enseñanza. En este sentido, poco a poco la jerarquía y relaciones existentes en la teoría van siendo trabajadas, en el día a día en el aula, en una perspectiva de integrar el contenido para efecto de aprendizaje (ibid.).

En la perspectiva ausubeliana para se evaluar la existencia de una evolución en las ideas más generales y amplias de un determinado contenido, el acompañamiento a través de la elaboración de una sucesión de mapas se vuelve un mecanismo evaluativo de mucha importancia. A través de la elaboración de mapas se puede averiguar si la concepción estructural del aprendiz sobre el asunto es o no es consistente con la concepción estructural establecida por el especialista. Así los dos mapas confeccionados por el especialista y colocados en los **anexos 9 y 10** de esta investigación reflejan un estándar de óptima definición para la comprensión científica sobre el tema. Esta definición se encuentra prevista en el primer mapa del especialista (**anexo-9**) para una concepción estructural inicial más general y con énfasis en la energía mecánica. Mientras que del segundo mapa (**anexo-10**), refleja la concepción estructural sobre el tema dentro del recorte, que debe ser mostrada en la sucesión de confección de mapas después de la primera visita durante el curso de la acción integrada. Las categorías inferiores de clasificación de los mapas reflejan situaciones que se alejan de una óptima definición y también de los criterios que deben ser utilizados para la confección de un mapa.

El estándar mostrado como referencia por el mapa del especialista, uno para la fase inicial y el otro para las otras fases de la etapa intermediaria hasta el final va a establecer la cumbre del nivel de dominio del campo conceptual requerido del alumno. Esta categorización de la existencia o no de dominio sobre el campo de estudio a través de los mapas del especialista, va a ser utilizada inicialmente para clasificar el mapa confeccionado por el profesor mediador de la acción integrada en la escuela que están siendo presentados para el primer estudio en el **anexo-7** (el mapa inicial y el mapa final), y para el segundo estudio en el **anexo-8** (el mapa inicial y el mapa final), utilizando los criterios de clasificación de forma más rigurosa de lo que va a ser utilizado en la clasificación de los mapas de los alumnos. En el acompañamiento del desempeño individual de cada alumno, la clasificación va a ser utilizada en la sucesión de los tres mapas previstos para que sean confeccionados en la secuencia en las diferentes etapas de cada uno de los estudios.

Para viabilizar la utilización de un proceso evaluativo por mapas, existió todo un trabajo de preparación del profesor mediador para la confección de mapas, que por su vez, fue posteriormente volcada para su acción en la escuela en la preparación de los alumnos con esa finalidad. En este proceso instructivo para el dominio de la técnica de confección de mapas algunos cuidados necesitaban ser tomados, como el de no presentar mapas prontos sobre asuntos que en seguida serán cobrados su confección. Para que no pueda ser apenas memorizado su concepción estructural en igual formato del mapa presentado por el profesor de la escuela o aún el mapa elaborado por el especialista. La idea era la de enseñar y orientar en la elaboración con ilustraciones en otros temas, sin influenciar y condicionar directamente la concepción de la estructura conceptual asimilada de aquello que está queriéndose evaluar. A pesar de haber solicitado al profesor, mediador de las acciones en la escuela, la construcción de dos mapas. Uno en la etapa inicial de revisión o constitución de una base de conocimientos previos sobre el tema, envueltos en la exposición. U otro en la etapa intermediaria del estudio, que retratase la estructura conceptual contenida en el recorte efectuado sobre el tema. Nuestro propósito era desde el inicio averiguar y al mismo tiempo posibilitar al profesor la estructuración de una síntesis conceptual de los conceptos más relevantes que deberían ser trabajados en la escuela. Conocedores de la influencia que sufre el profesor por la sistemática de conducir y reproducir el conocimiento, solicitamos al profesor que en su orientación en la confección de mapas cuidase para que su mapa no fuese explicitado en su concepción estructural general para el alumno, para ser utilizado como copia. Esa preocupación viene en razón de no ofrecer subsidios a un puro y simple proceso de reproducción y memorización de una estructura conceptual. Del mismo modo en la condición de especialista y observador no presentamos ni al profesor ni a los alumnos acompañados, los mapas que elaboramos como estándar en los dos estudios. La elaboración de un mapa conceptual por el especialista sirvió de referencia para comparar el desempeño conseguido por los alumnos, en un mapa que muestre la concepción estructural de óptimo desempeño. Lo importante es que el mapa muestre que el alumno domina el tema dentro del recorte trabajado, inherente a los conceptos claves y a su jerarquía, relacionamiento, y conectivos escritos entre los conceptos. En razón de eso vamos a interferir, influenciar, y auxiliar tanto al profesor cuanto a los alumnos en su desarrollo práctico de construcción de mapas. Buscando al mismo tiempo contribuir para el dominio conceptual del tema.

En el proceso de enseñar a los alumnos a utilizar esta técnica es necesario evitar al inicio mandar confeccionar o trabajar con mapas complejos y confusos que puedan dificultar inicialmente la visión del alumno de una estructura conceptual que se quiere

retratar. Es recomendable que el primer mapa a ser construido por un aprendiz contenga un número pequeño de conceptos que no ultrapase, por ejemplo, diez conceptos. El mapa que sigue una jerarquía en la vertical es muy recomendable inicialmente. Al inicio de una unidad de estudio, el alumno puede no tener la idea de los conceptos que les son pertinentes, ni saben indicar cuáles son los más generales e inclusivos en la jerarquía, ni saben establecer las relaciones. En este momento la disposición de los conceptos en el mapa puede presentar una simetría pobre, con relaciones y ramificaciones jerárquicas no bien definidas, y aún no muestran los conectivos de conexión entre los conceptos. Pero, muchas veces, esto es un aspecto que también tenemos que evaluar para trabajar en el sentido de mejorar el desarrollo y la elaboración de la técnica de construcción para que pueda tener consistencia en la evaluación del dominio conceptual a través del mapa. Para eso es importante que las personas inicien a aprender a construir mapas de contenidos que ya tengan cierto dominio y por su vez no se puede evaluar por mapas la concepción estructural de como los conceptos se relacionan y se jerarquizan sin la existencia de cierto dominio de la técnica. Un mapa conceptual de cierto asunto que se esté aprendiendo en la sucesión de su confección es dinámico, es decir, pasa por un proceso recursivo de sucesivos cambios que se asemeja a dos modelos mentales de cierto contenido que se está empeñado en aprender. De esta forma, en una sucesión de confección de este mapa, el debe modificarse, una vez que, refleja la comprensión conceptual de quien hace el mapa en aquella etapa de dominio del asunto (ibid.).

Los mapas conceptuales son herramientas útiles para obtener un mejor desempeño de aprendizaje con especial referencia a lo que son útiles en la evaluación y en la comprensión lectora (la comprensión de como las ideas sobre un determinado tema se encuentran estructuradas a partir de una narrativa escrita). Son instrumentos útiles en el aprendizaje significativo, contribuyendo para generar mudanzas en el significado de la experiencia vivida en la enseñanza, construyendo significados nuevos y más completos (Riera et al, 1997). La enseñanza de ciencias es un proceso de negociación entre los significados científicos y el conocimiento previo de los alumnos. Donde los resultados de esta negociación pueden ser representados en los mapas conceptuales, que van a organizar jerárquicamente la interacción de nuevos conceptos con los que ya existen en la estructura cognitiva del sujeto (ibid.).

Para elaborar un mapa de cierto asunto en estudio, es necesario utilizar estrategias para la comprensión lectora: de los diferentes niveles de conceptualización presentados entre

las situaciones (en nuestro caso, los experimentos trabajados); cuando se busca la identificación de conceptos presentes en la composición del asunto. Una de las mayores dificultades para la elaboración de mapas es la determinación y jerarquización de los conceptos. Para contornar esta dificultad deben ser producidos ejercicios con la función de determinar palabras en el texto que se constituyan en conceptos de cierta teoría (ibid.). A partir de ahí se debe establecer una pauta para la jerarquización de los mismos. En nuestra investigación eso será hecho de forma diferenciada, cuando recorremos a la confección del test de asociación numérica de conceptos (TANC) (Santos e Moreira, 1991).

Los alumnos cuando comienzan a dominar los procedimientos técnicos para la construcción de mapas, una inclinación y valorización para el uso de este instrumento quedan condicionados al interés del profesor en dar continuidad a su utilización en las tareas escolares (Riera et al, 1997). Como por ejemplo, al solicitar un resumen para la comprensión de un texto, la elaboración de un mapa debería ser la opción práctica más sintética de mostrar su comprensión por la conceptualización que expresa significados (ibid.).

La dinámica de la utilización del mapa sobre la temática de un texto también puede mostrar una capacidad de facilitar la inferencia de nuevos conceptos que surgen de las relaciones establecidas. Existen aún otros aspectos importantes comprobados relativos a la construcción de mapas referente: al conocimiento previo que, además de facilitar la comprensión lectora del texto, facilita en la elaboración de mapas; a establecer en la estructura de un contenido cuales son las relaciones jerárquicas validas y cuales se muestran como más complejas; la necesidad de atribuirse una relevancia al dominio del vocabulario, en el sentido que, cuando un concepto es expreso puede ser atribuido distintas opciones de significado; al que podría cambiar la disposición del concepto en el mapa, trayendo con eso la preocupación de buscar interrogar si el significado expreso se encuentra o no correcto (ibid.).

#### **4.8.4 El test de asociación numérica de conceptos (TANC).**

El test **TANC** (Santos y Moreira, 1991) fue utilizado en dos momentos de cada estudio para establecer una medida de similitud de como los alumnos relacionan los conceptos entre sí (en el momento intermediario de lo estudio denominamos de **TANC-1** y en lo momento final denominamos de **TANC-2**). En esta evaluación los conceptos son combinados a los pares haciendo parte de un rol de conceptos relevantes pertenecientes a un

determinado campo conceptual. En esta medida el nivel de similitud o el grado de afinidad es efectuada a través de una escala numérica que varía de un relacionamiento muy fuerte a ningún relacionamiento entre los conceptos. El test ya contiene los conceptos discriminados, puede también auxiliar a los alumnos en el levantamiento que necesitan efectuar en la elección de conceptos relevantes al tema. Como un instrumento de evaluación de la conceptualización sobre determinado asunto, tiene sido utilizado para efectuar un mapeo cognitivo a través de un análisis estadístico multidimensional (ibid.). En la actualidad simplificaremos su uso, utilizando la nota de puntuación del alumno para comparar con la puntuación de una hoja de respuestas estándar respondido por el especialista (contenidas en **anexo 1** del test en el primer estudio y en el **anexo 2** del test en el segundo estudio).

En la clasificación mostrada abajo, para cada par de conceptos relacionados, vamos tener de la clase de un óptimo relacionamiento até la clase de ningún relacionamiento, lo que va mostrar el dominio del campo conceptual dentro de los objetivos y nivel de enseñanza que actuamos. En la instrucción dada al alumno para responder el test constaba que, este test se destina a verificar el grado de intensidad en el relacionamiento o asociación entre un conjunto de conceptos relevantes dentro del tema en estudio en la exposición experimental. Después presentar el conjunto de conceptos elegidos en cada uno de los estudios, el test listaba una formación de pares entre casi todos los conceptos elegidos. Nuestro objetivo era el de buscar asociar lo que considerábamos más relevante dentro del recorte que fue efectuado sobre el tema. Al lado de los pares de conceptos listados en el test se encontraba un espacio en blanco entre paréntesis para ser enumerado en una escala de 1 a 5. La escala numérica se encontraba asociada a una clasificación de grado de relacionamiento entre los conceptos de la siguiente manera: el (1) era atribuido a un relacionamiento muy fuerte; el (2) era atribuido a un relacionamiento fuerte; el (3) era atribuido a un relacionamiento medio; el (4) era atribuido a un relacionamiento frágil; y el (5) era atribuido a ningún relacionamiento. Cuanto a los criterios de puntuación y clasificación de cada alumno en la respuesta al test, los mismos serán mostrados en el capítulo de análisis de los resultados de cada estudio.

Por la característica del **TANC** ser un test objetivo y poder de forma práctica evaluar la relación entre conceptos en sus especificidades y también por el hecho de estar rescatando la utilización de este test en una otra perspectiva evaluadora, deberemos también observar sus efectos sobre los alumnos de un grupo escolar fuera de la investigación del primer estudio. Para eso tomamos un grupo de alumnos del tercer año de la enseñanza

secundaria de la red pública que efectuaba una visita regular a la exposición, pertenece a una escuela que no participó de nuestra acción integrada. Por su vez, cuando en la exposición experimental este grupo de alumnos paso por los experimentos que constan de la programación de esta investigación, fueron sometidos a la misma estrategia didáctica trabajada en la acción integrada. La aplicación del test en este grupo fue efectuada después que los alumnos participaron de la exposición. El resultado obtenido por la puntuación media de los alumnos del grupo (a ser mostrado cuando fue presentado los resultados del TANC en el primer estudio) va a servir de base para una comparación de naturaleza cualitativa con el desempeño de los alumnos en este momento de investigación. El hecho de proceder con una comparación apenas relativa al primer estudio, se debe al motivo de que estos alumnos pertenecen al mismo nivel de escolaridad y realidad de la enseñanza.

La utilización de este test no se encontraba inicialmente prevista en el primer estudio, y surgió en razón de la dificultad inicial mostrada por los alumnos en elegir conceptos en la elaboración del primer mapa y con preocupaciones con la elaboración del segundo mapa. Los conceptos más relevantes que presentamos en el test del primer estudio, mostrado en el **anexo-1**, relacionados al campo conceptual del estudio envolvía los trece conceptos listados a seguir: *carga eléctrica; corriente eléctrica; potencia eléctrica; inducción electromagnética; fuerza electromotriz (o diferencia de potencial eléctrico o aún tensión); electroquímico (reacción de oxidación y reducción); fotovoltaico; campo eléctrico (o electricidad); campo magnético (o magnetismo); energía potencial (mecánica o eléctrica); energía cinética; trabajo; energía (mecánica, eléctrica, calorífica o térmica, solar, o química, entre otras naturalezas)*. Podemos notar que en el primer estudio el enfoque de la elección de conceptos para este test, se encontraba apenas relacionado a las fuentes de generación de energía eléctrica al que denominábamos de **clase de situaciones 1**, aquella que se relacionaba al mayor número de experimentos programados y fueron consideradas como situaciones más relevantes debido a la programación tradicional del tercer año de la enseñanza secundaria, estudiar la teoría de la electricidad y magnetismo (pudiendo mientras tanto incluir como revisión los contenidos de las otras series de enseñanza delante de la necesidad de preparación para realizar el examen de admisión). Así la idea en aquel momento fue concentrar el test en conceptos técnico-científicos conectados a la generación de electricidad para no sobrecargar a los alumnos con una demasiada cantidad de asociaciones conceptuales que serían respondidas.

En el test del segundo estudio decidimos dar un alcance conceptual un poco mayor, incluyendo el concepto de *masa* y el concepto de *fuerza*. Existía la preocupación en la elaboración de este test de que los alumnos sean de la enseñanza primaria y estaban teniendo nociones de Física por la primera vez. Para contrabalancear retiramos el concepto de *campo eléctrico* y el concepto de *campo magnético*, que a pesar de aparecer en los conceptos trabajados, estarían implícitos en la comprensión de otros conceptos listados. Pero, acabamos ampliando un poco más el número de conceptos incluyendo algunos más afectos a la **clase de situaciones 2**: el de *calor*, el de *temperatura* y el de *foto-térmica*. Una vez que esa clase de situaciones debería ser más explorada en este segundo estudio, el conjunto de conceptos relevantes electos para confección del TANC mostrado en el **anexo 2**, además de explorar las principales alternativas de producción de energía eléctrica incluyen los colectores de energía solar para el calentamiento. En el segundo estudio elegimos dieciséis conceptos relevantes para ser evaluados: *masa*; *fuerza* (de naturaleza: gravitacional, eléctrica, entre otras); *trabajo*; *energía potencial* (mecánica, eléctrica); *energía cinética*; *potencia*; *carga eléctrica*; *corriente eléctrica*; *inducción electromagnética* (magnetismo generando electricidad o lo inverso); *tensión* (*fuerza electromotriz o diferencia de potencial eléctrico*); *electroquímico* (generadores por reacción química de oxidación y reducción de las pilas); *fotovoltaico* (asociado a célula solar); *energía* (representando cualquier una de sus naturalezas: *mecánica, térmica, eléctrica, solar, entre otras*); *temperatura*; *calor*; *foto-térmico* (asociado al calentador solar de agua).

#### **4.8.5 El cuestionario descriptivo de lápiz-papel.**

En los preparativos para la construcción de un cuestionario se presupone un conjunto de procedimientos, metodologías y técnicas. Que van desde la formulación del problema hasta su aplicación en la evaluación en el campo de investigación. En una primera etapa de preparación fue abordado para un pre-test, donde el mismo sería aplicado para un estudio piloto de evaluar las características funcionales del cuestionario elaborado, frente a la comprensión de quien responde (Goode & Hatt, 1952). Este procedimiento visa la mejoría del instrumento y se inserta en un proceso de validación. Mientras tanto, esa validación interna puede ser efectuada a través de una validación crítica oriunda del parecer de un especialista, que trabaje en el mismo campo de estudio del investigador, que garanta un inquisitivo en las cuestiones exploradas bien sucedido (Mattar, 2002). El contenido

colocado en las cuestiones es extremadamente importante para la colección de datos una vez que tiene efecto en el tipo y calidad de la información a ser obtenida. Las respuestas requeridas en las cuestiones colocadas fueron en la mayoría de las veces de naturaleza cualitativa consistiendo en respuestas abiertas. Pero en algunos ítems de algunas cuestiones fue necesario también cobrar operaciones simples de naturaleza cuantitativa, consistiendo en respuestas cerradas.

La pregunta colocada en un cuestionario debe ser clara, y para que eso ocurra, necesita ser, concisa, y unívoca. Debe aún ser exequible en la realidad, condiciones y nivel de enseñanza de formación de las personas a que se aplica. Quien elabora un cuestionario debe también justificar los objetivos evaluativos para lo cual fue propuesto, buscando esbozar un cuadro teórico de referencia que se quiere evaluar, juntamente con los conceptos, definiciones y clasificaciones que se quiere explorar. Un cuestionario puede ser compuesto de una introducción teórica de hipótesis que describen el hecho visando efectuarse una interacción entre la fundamentación teórica ahí colocada con la verificación empírica colocada en cuestionamiento. Esta forma de elaboración puede constituirse en un guía de estudio en la orientación para obtención de datos en la explicitación de una respuesta de quien va a responder el problema (Goode & Hatt, 1952).

El **cuestionario 1** de nuestra investigación va a ser aplicado después de una fase de preparación en conocimientos básicos con énfasis en conceptos relativos al tema para propiciar subsidios para el primer contacto con la exposición. Se trata de un cuestionario que evalúa un conocimiento introductorio de elementos básicos sobre energía en los moldes de tratamiento de este asunto por la enseñanza tradicional, entrando un poco en la exploración de preguntas contextualizadas y relacionadas a los experimentos de la exposición, conforme puede ser observado en el **anexo 3** (para el primer estudio) y en el **anexo 4** (para el segundo estudio).

El **cuestionario 2** en su formulación llevo en cuenta la necesidad de colocar como fundamentación que un problema extraído de un experimento de la exposición bajo forma de cuestión que puede constituirse en un elemento básico en la construcción de un cuestionario.

Un problema consiste en una situación que un individuo o un grupo de individuos necesita resolver que no se dispone de un camino para una solución rápida y directa (Lester, 1983, apud Pozo et al, 1994). Necesitando de reflexiones para la tomada de decisiones, una

vez que, son situaciones que no pueden ser resueltas de forma rápida e inmediata. Así, cuando un problema es encarado por un individuo como un procedimiento de rutina en que utiliza algunas habilidades y técnicas en procedimientos ya dominadas, la tarea deja de ser un problema para constituirse apenas en un ejercicio. Lo que puede hacer de muchas cuestiones, problemas para unos y ejercicios para otros. Los límites de la comprensión de lo que se entiende por ejercicio o por un problema queda así en razón de la madurez y de la experiencia o especialidad personal de cada uno, en el campo de estudio que se desarrolla (Pozo *et al*, 1994). Aunque los ejercicios sean importantes en la consolidación de habilidades. Cuando nos deparamos con verdaderos problemas a las habilidades y técnicas sobre su solución se constituyen un recurso necesario pero no suficiente, una vez que son exigidos conocimientos conceptuales, estrategias que envuelven procedimientos y actitudes complementares sin las cuales no tenemos habilidades para disponer de los caminos para la solución en inmediato (ibid.). De ahí, necesitamos reflexionar, cuestionar, apuntar soluciones como ensayo en determinado sentido y retroceder en la eminencia del error, delante de las incertezas de los pasos a ser seguidos.

Un problema se constituye en un rompecabezas de razón compleja variable cuyo tiempo y capacidad de solucionar depende de la experiencia adquirida y potencialidades cognitivas de cada individuo. La solución de problema es tan importante para el dominio de conceptos y proposiciones en un campo en estudio que los esquemas y procedimientos considerados deberían ser tratados dentro de las especificidades inherentes a cada área del conocimiento. Con las estrategias de solución no debiendo ser vistas como una estructura teórica generalizable entre las diferentes áreas del saber. De esta manera, en cada campo del saber, la solución del problema debería ser tratada, explícitamente en el currículo, de forma independiente, aún teniendo que relacionarse al conocimiento teórico de esta área (ibid.). Esta idea se amolda a la psicología de los campos conceptuales de Vergnaud que también enfatiza que sólo se puede dominar conceptos a partir de la solución de problemas donde los mismos se apliquen. Una cuestión importante para quien evalúa en el proceso escolar a partir de la solución de problemas es que a veces las personas saben resolver un problema, pero no consiguen verbalizar y describir los pasos, esto es, conocemos los procedimientos pero no sabemos verbalizarlos para justificar la solución (ibid.). Normalmente, en nuestro proceso evaluativo utilizado, en el cuestionario objetivo este hecho puede no aparecer y queda escondido, mientras que en el cuestionario descriptivo algunas o muchos pasajes pueden o no ser justificables o sean descritas para una comprensión y valoración de quien evalúa.

Cuanto a la transposición de la resolución de problemas del ámbito escolar para la resolución de problemas relacionados con el cotidiano. Según Pozo *et al* (1994), el principal motivo de esta dificultad de transposición se encuentra en la diferencia entre los contextos, es decir, entre el tipo de problema que aborda a la escuela y el tipo de problema colocado en el contexto de vida. Cuanto más los problemas trabajados en la escuela se aproximen en conocimientos, habilidades y estrategias de los procedimientos requeridos en la solución de los problemas cotidianos más fácil sería esta transposición (*ibid*). Este es un punto crucial relativo al cuestionario que denominamos de problematización de la exposición, donde el ajuste en la programación didáctica de los problemas tradicionalmente trabajados en la escuela con los de la exposición contextualizada de experimentos, en principio, será crucial para un buen desempeño de los alumnos en respuesta a este cuestionario.

En razón de estos fundamentos el **cuestionario 2** de problematización de los experimentos de la exposición tuvo la función de evaluar si los experimentos podrían constituirse en problemas cuya resolución podría estar siendo facilitada en la alianza entre el Centros de Ciencias y la escuela. Para mejor situar al alumno sobre lo que se estaba siendo cobrado, en cada cuestión propuesta, era presentado una información introductoria sucinta con una ilustración por figura (una foto del experimento en la exposición), conforme mostrado en el **anexo 5** (para el primer estudio) y en el **anexo 6** (para el segundo estudio). Por su vez, en combinación con el profesor de la escuela, buscamos estimular que sea trabajado en el aula, algunos ejemplos típicos de problemas contextuales, que estén conectados a nuestro recorte del tema explorado.

#### **4.9 Etapas de la Estructuración y Desarrollo de la Investigación.**

##### **4.9.1 El período exploratorio.**

Fue durante el trabajo desarrollado en una fase exploratoria de este estudio. En que fue observado el conocimiento que podría quedar retenido, conocimiento relativo al contenido de la exposición, a partir de una única visita regular a la exposición dentro del mismo recorte efectuado en este estudio sobre el tema. La investigación fue realizada en el año de 2005, en la misma realidad y nivel de enseñanza del primer estudio de esta investigación. Pero, no envolviendo ninguna acción integrada a la programación curricular de la escuela. Los resultados obtenidos fueron analizados y llevados en cuenta en el planeamiento de esta nueva fase de la investigación.

#### 4.9.2 El período en vigencia.

El **primer estudio** ocurrió, entre la fase de reuniones de preparación y el trabajo de campo, de junio de 2006 con previsión de término para enero de 2007 (pero tuvo una prórroga que fue hasta inicio de abril de 2007). Mientras que el **segundo estudio** ocurrió, entre la fase de preparación y trabajo de campo, de febrero de 2007 con previsión de ser concluido en agosto de 2007 (pero tuvo la necesidad de prórroga y sólo fue concluido en inicio de noviembre de 2007).

En la fase de preparación de ambos estudios, en el primer momento con el profesor, buscamos inicialmente situar al profesor como sería el trabajo de acción integrada. En seguida buscamos saber de las dificultades mostradas por sus alumnos en sala de aula, por la sistemática de enseñanza tradicional que venía siendo aplicada, para discutir alternativas para la programación conjunta. La idea era utilizar los aspectos que venían dificultando el trabajo del profesor en el aprendizaje de los alumnos, para después ser colocado los fundamentos del aprendizaje significativo que muestren caminos para una práctica académica. Como el caso era, de mostrar inicialmente que, para la asimilación de algunas ideas por los alumnos junto a los experimentos de la exposición, los mismos necesitarían antes desarrollar una base de conocimientos previos necesarios (en que podría haber diferencias de un nivel de enseñanza para el otro). Otro aspecto diferencial era que el aprendizaje del asunto debería estar direccionado al desarrollo de potencialidades cognitivas, con procedimientos y actitudes. Otro aspecto diferencial era relativo a la perspectiva de trabajo de utilizar un contenido técnico-científico para promover una alfabetización científica. Buscando siempre que posible envolver una perspectiva evolucionista, integrar contenidos y contextualizar la enseñanza del tema en la escuela. Con relación a eso, hicimos referencia a la necesidad de lectura y utilización del cuaderno temático que elaboramos sobre energía (Ornellas, 2006). Durante la preparación del profesor ofrecimos material escrito para la lectura del profesor, que traían fundamentos del aprendizaje significativo, sobre la construcción de mapas conceptuales (que los alumnos tendrían que aprender a elaborar en la escuela), sobre la teoría de *insight* de la Gestalt (en que podría aprovecharse los momentos oportunos de la visita a la exposición), entre otros aspectos fuera del referencial teórico utilizado que considerásemos importante. Para que fuesen, en sus aspectos didáctico- pedagógico-metodológico, llevados en cuenta en los

procedimientos de abordaje al contenido disciplinar, en la interacción y en la evaluación efectuada con los alumnos. Cuanto al libro de texto utilizado en la programación disciplinar de la escuela en ambos estudios acompañaba la estructura usual tradicional. Delante de los intereses diferenciados de la programación propuesta para la acción integrada, este libro de texto, no podría ser utilizado dentro de la secuencia que fueron elaborados. La programación diferenciada que estamos proponiendo, requiere la aplicación del principio de la no-centralidad del libro texto del aprendizaje significativo. Lo que justifica la necesidad de esta investigación en buscar cambiar de enfoque de la enseñanza tradicional, y por esta razón, requiere una composición del texto adoptado en la escuela con otros escritos, que complementen el contenido de Energía, según la programación para la acción integrada. Además del cuaderno temático que elaboramos y recomendamos para el profesor leer y utilizar, otros textos disponibles, a criterio del profesor, en lenguaje y nivel de la profundización accesible a las series de enseñanza acompañadas, deberían ser buscados para complementar los escritos que los alumnos necesitan leer y estudiar. Este es uno de los puntos más importantes para ser discutido en las reuniones de coordinación con el profesor que tiene como objetivo acompañar los estudios con el propósito de armonizar la acción de la escuela con la acción de la exposición.

En esta etapa era necesario mostrar al profesor la propuesta de acción integrada. Lo que él y consecuentemente lo que sus alumnos necesitaban saber para involucrarse con la programación de la asignatura, incorporando la exposición experimental. El profesor necesitaba tomar consciencia de la propuesta de la exposición experimental (un trabajo efectuado junto al especialista en el ambiente de la exposición con base en los argumentos de la estrategia). Era necesario establecer los contornos de esta alianza, para un mejor aprovechamiento de los alumnos en la visita, siendo necesario que el profesor conozca los aspectos científicos de los experimentos para trabajar la base de conocimientos previos pertinentes a la exposición. Y para que la pos-exposición, se efectúa una interpretación de lo que fue visto efectuando la profundización de la fundamentación teórica. Así la constitución de una base de conocimientos previos seguido de la visita, y de una posterior complementación en la escuela de las discusiones de los experimentos, complementaría una primera etapa del andamio de la programación. Por su vez, también estaría efectuando una preparación para la visita siguiente, estableciendo de esa forma un ciclo recursivo del abordaje al contenido que sería concluido en la última visita. En común acuerdo con el profesor de la asignatura, quedaron inicialmente combinadas tres visitas. Durante el andamio de la programación en la cooperación, exposición-acción escolar, debe existir

una relación teoría-experimento en que se busca utilizar como recursos descriptivos las estrategias didácticas.

En la secuencia se buscó mostrar al profesor acerca de la importancia de la confección de mapas para la comprensión de como se estructura el conocimiento sobre un determinado tema y para efecto de ser un mecanismo de evaluación de la estructura conceptual de un determinado contenido. Para eso buscamos mostrar los procedimientos y técnicas utilizadas en esta construcción. El profesor debería prepararse para enseñar a sus alumnos como se construye un mapa. Inicialmente a partir de ejemplos ilustrativos en otros contenidos, preferencialmente cuanto a asuntos que el alumno ya tuviese algún dominio. El profesor debería también ser sensibilizado para la importancia de los mapas en la evaluación de los alumnos para averiguar su evolución en el dominio del campo en estudio.

Pasamos después a discutir con el profesor y la escuela el espacio destinado en la programación de asignatura y cuanto a la metodología de trabajo en la escuela en razón de la alianza, quedando combinado que la misma debería ocurrir en función de la exposición científica, y que la programación escolar tendría que adaptarse. Pero en la negociación relativa al tiempo en el aula que sería utilizado quedó combinado que no sería utilizado todo el tiempo de aula disponible en el período de la acción conjunta. Un hecho ocurrido con más evidencia en el primero estudio de que en el segundo estudio, que fue justificado principalmente, en razón a las necesidades e intereses de preparación para el examen de admisión.

Cuanto a la metodología de la enseñanza-aprendizaje en ambas los profesores/escuelas tradicionalmente ya trabajaban con una enseñanza receptivo-expositiva, mientras tanto, fue sugerido al profesor que en esta perspectiva de enseñanza se busca llevar en cuenta desarrollar una filosofía de trabajo que fuese cognitivista-constructivista. El profesor iría así actuar dentro de la realidad de la enseñanza escolar, que ya practicaba una enseñanza teórica-expositiva (participativa). Utilizaría clases de ejercicios trabajados individualmente o en grupo de alumnos bajo su mediación, y aún pasaría tareas para casa. Dentro del contexto escolar en el período de la acción integrada, tuvimos que colocar la necesidad de nuestra intervención directa en algunos momentos en el aula del grupo acompañado (fuera el momento de la visita). Habría este tipo de intervención cuando solicitado por el profesor para realizar algún tipo de refuerzo delante de tareas/actividades combinadas o en que los alumnos mostrasen dificultades. Como por ejemplo, para orientar a

los alumnos en la fase introductoria a la confección de los mapas, en aplicar evaluaciones, en realizar entrevistas, en acompañar la acción y los efectos de la intermediación del profesor cuando combinado una actividad conjunta (mientras tanto, sin buscar ocupar mucho el espacio del profesor frente a la programación disciplinar cuyo efecto era nuestra función la de evaluar).

#### **4.10 Cronograma de trabajo relativo a los estudios efectuados.**

1) Situar al profesor sobre el trabajo a ser desarrollado en esta alianza, observando los resultados obtenidos en la visita regular de la escuela, en la fase exploratoria antes de esta investigación. Para direccionar el trabajo a ser desarrollado de preparación del alumno para actuar frente a la exposición y a la programación de la enseñanza utilizada. Mostrar e indicar la necesidad del material escrito complementar al libro de texto, para el abordaje del tema dentro de la programación establecida. Período ocurrido: en el 1° estudio en junio y julio de 2006 y en el 2° estudio en janeiro y febrero de 2007.

2) Elección de las muestras: en el primer estudio, un grupo del tercer año de la secundaria de la red pública, en que el profesor envuelto traía a sus clases, la visita regular al Centros de Ciencias. Definición de la función del investigador y la función del profesor en la acción integrada. Debido a los resultados obtenidos y habiendo necesidad de ampliar la investigación para otra realidad de enseñanza, fuimos buscar un grupo de la octava serie de la enseñanza primaria, para desarrollar el segundo estudio. Perteneciente a la red privada que, en principio, normalmente, en la realidad local, ofrece una mejor estructura de enseñanza y preparación más adecuada de los alumnos. Período ocurrido: en el primer estudio en julio de 2006 y en el segundo estudio en febrero de 2007.

3) Elaboración de un mapa conceptual del profesor, que muestre una síntesis de la estructura conceptual que iría a trabajar en el aula en la fase de revisión o preparación en una base de conocimientos, habilidades, y procedimientos sobre el tema energía constantes de lo que iríamos estudiar. Pero, antes se buscó situar al profesor mostrando la técnica utilizada en esta confección. Para que después, en la escuela, enseñe a sus alumnos como se construye un mapa. Para eso, en la oportunidad debería utilizar ejemplos ilustrativos en otros contenidos, entre otros asuntos preferencialmente que el alumno ya tuviese cierto dominio. En el primer estudio esta tarea de preparación del profesor y de los alumnos fue

realizada en julio y agosto de 2006 y en el segundo estudio fue realizada en febrero y marzo de 2007.

4) Lectura del cuaderno temático sobre energía por el profesor y de algunas publicaciones que sintetizan los referenciales teóricos que estamos utilizando: el aprendizaje significativo clásico y crítico, entre otros conocimientos que fueron de interés. La confección de una estrategia metodológica de trabajo que buscaba asociar el trabajo experimental desarrollado en la exposición de la Usina Ciencia, con la programación de la asignatura en la escuela. Un auxiliar didáctico, que utiliza un protocolo para la elaboración de la programación de enseñanza con base en el aprendizaje significativo y en la teoría de los campos conceptuales. Lo que posteriormente influenció el desarrollo de lo que denominamos de **estrategia didáctica** dentro de nuestro estudio (efectuada a partir de la fase de preparación, con base en nuestra vivencia anterior frente a la exposición y sufriendo adaptaciones en el período de actividad de los dos estudios).

5) Elaboración de un cronograma de trabajo de campo (en experimento piloto), con base en el diseño trazado para la investigación y en el de la metodología programada para ser utilizada con la muestra, del grupo de la escuela de tercer año y con el grupo de la enseñanza primaria; el número de veces de interacción con la exposición quedó en tres visitas. La cantidad de horas de trabajo en el aula relativo a los asuntos de la exposición en el primer estudio quedó en abierto, pero condicionado a las necesidades (no pudiendo ocupar todo el tiempo de aula relativo al período de estudio debido a los compromisos del profesor en el cumplimiento del programa para la preparación para el examen de admisión). En relación al segundo estudio, después de la preparación y realización de la primera visita, ocuparíamos todo el tiempo de aula semanal en la acción integrada. La discusión de las formas de evaluación escrita que serían aplicadas sin mostrar su contenido. Mientras tanto fueron hechas referencias a los mapas conceptuales, test de asociación entre conceptos (**TANC**), cuestionario subjetivo de conceptualización y el de solución de problemas, entrevista y acompañamiento (observación) cualitativa descriptiva. Hicimos referencia a la importancia en desarrollar actitudes para el desempeño de tareas en el aula y durante la visita. También fue observado el acompañamiento que tendría que ser hecho por grabación de audio, por fotos y/o vídeos en los trabajos en la escuela y en el Centros de Ciencias (el período en los dos estudios fue el de la fase de preparación).

6) Implementación de la investigación (inicio de las actividades) de la acción integrada cumpliendo el cronograma y en el delineamiento de la investigación con aplicación de los instrumentos de evaluación: test, mapa conceptual y cuestionario. En el primer estudio entre revisión, preparación, evaluación y visitas, el período de acompañamiento fue de agosto de 2006 a enero de 2007 (con una prórroga para compensar paralizaciones en las actividades de la escuela fue hasta inicio de abril de 2007). En el segundo estudio tuvimos una fase de preparación de los alumnos en contenidos y en la elaboración de mapas que fue de marzo hasta abril de 2007. Llegando después al período de visita, en la acción integrada con la clase ocurrida de mayo hasta la conclusión del estudio, en el inicio de noviembre de 2007 (hay en este período un receso escolar de veinte días seguidos, entre los meses de junio y julio).

7) Colección gradual de datos a través del estudio cualitativo descriptivo, mapas conceptuales, test, cuestionario, con adaptaciones necesarias a la secuencia de la programación investigativa. También había reuniones sistemáticas de coordinación de los trabajos con o profesor en este período de trabajo de campo.

8) Complementaciones finales de los trabajos en la exposición y en el aula (con los alumnos y con el profesor); aplicación de los últimos instrumentos de evaluación programados, cuestionario, entrevista dentro del estudio cualitativo, mapa conceptual del profesor y del alumno, interpretaciones de los últimos resultados, evaluación de la actuación de los alumnos con la cooperación y auxilio de interpretaciones dadas por el profesor.

9) Análisis de los resultados del estudio realizado por el investigador.

#### **4.11- Algunos detalles de las actividades desarrolladas según el cronograma.**

Vamos ahora a efectuar una síntesis de las etapas previstas que tenemos que cumplir al narrar cada estudio por completo. Trataremos de los procedimientos de la evaluación, de la fase de revisión referente a la preparación del alumno para la programación integrada, de las visitas realizadas, de las discusiones que precisan hacer de los asuntos en la clase, entre las visitas efectuadas (que debe constar de la narrativa descriptiva detallada del estudio cualitativo). De forma que, lo que estamos anticipando aquí visa una mejor comprensión del

diseño propuesto para esta investigación. Así colocamos abajo una secuencia de las tres fases establecidas para esta investigación referente a los dos estudios:

**1ª Fase:** aplicación de una pre-evaluación escrita antes de la primera visita, un cuestionario de conocimientos subjetivos sobre energía (**cuestionario-1**) y elaboración de un mapa conceptual sobre energía (**mapa-1**), realizado por cada alumno de lo grupo de cada una de las investigaciones. Contacto individual del profesor con la exposición y familiarización con la misma. Planeamiento de las etapas de la visita de los alumnos y trabajos a ser desarrollados en la escuela antes y después de la visita. Los resultados de este planeamiento se encuentran presentados en la programación de los ítems siguientes.

**1ª Fase (continuación):** etapa de preparación del alumno en una base de conocimientos sobre el tema constante de la exposición, con énfasis en la energía mecánica pero envolviendo otras formas de energía (relaciones, leyes, y principios físicos asociados), antes de la primera visita a exposición. **Primera visita** del grupo a la exposición de experimentos sobre energía. Utilizando la estrategia de la programación didáctica: en este momento existía una mayor preocupación en enfatizar la energía mecánica y el trabajo mecánico entre las transformaciones e transmisión de energía verificados. La evaluación del acompañamiento del momento de la visita consta en la narrativa cualitativa del estudio (alumnos y profesor del grupo).

**2ª Fase:** complementación de la primera visita en clase. Continuidad de la discusión en el aula sobre lo que fue mostrado durante la visita (relaciones, leyes, y principios físicos asociados, aspectos de la evolución histórica y de la tecnología). En este período existía la preocupación en acompañar, las acciones que ocurrían en el aula de la escuela. En relación a la utilización de la programación integrada, de la utilización del libro de texto y del cuaderno temático, entre otros textos sobre los asuntos relacionados. Todo acompañamiento del trabajo académico desarrollado en la escuela se encuentra en el análisis cualitativo descriptivo utilizado. Nuestra narrativa busca acompañar en esta fase, la evaluación que efectuamos entre las actividades regulares desarrolladas por el profesor en la asignatura. Buscamos observar sus actitudes y el comportamiento del grupo frente a nuestra programación didáctica en el abordaje del tema en la escuela.

**2ª Fase (continuación):** preparación del alumno para ir con más subsidios teóricos, una base de conocimientos ampliadas sobre el tema. En esta etapa pretendíamos profundizar más el contenido colocado en las estrategias utilizadas frente a los experimentos con énfasis en

relaciones, leyes, y principios físicos asociados a la transformación y transmisión de energía. **Segunda visita** del grupo a la exposición con énfasis en la energía térmica, en el trabajo termodinámico y en las fuentes alternativas de energía, acompañamiento cualitativo de la visita de los alumnos del grupo. Revisar las situaciones donde existen dudas o no, haya existido una comprensión de la propuesta experimental en la etapa anterior.

**3ª Fase:** continuidad de discusión sobre el tema en clase (relaciones, leyes, y principios físicos asociados, aspectos de la evolución histórica el tema y sobre la tecnología envuelta). Con base en los experimentos de la exposición, más libro de texto y lo cuaderno temático, entre otros textos indicados. Acompañamiento del trabajo en la escuela.

**3ª Fase (continuación):** etapa de la profundización para formar una base de conocimientos sobre el tema más ampliada (en relaciones, en definiciones, en leyes). Aplicación de los instrumentos de evaluación: test **TANC-1**, **mapa-2**, y las **entrevistas** del estudio cualitativo. **Tercera visita** del grupo a la exposición con énfasis en la energía eléctrica y en los generadores electromagnéticos, electroquímicos y fotovoltaicos; acompañamiento cualitativo del comportamiento de los alumnos del grupo. Visitar nuevamente a los experimentos donde quedaron dudas o no haya existido una comprensión de la propuesta y de la relación entre experimentos que vienen siendo trabajados.

**3ª Fase (continuación):** comentarios finales sobre la acción integrada y aplicación de los últimos instrumentos de evaluación en la escuela: continuación de las **entrevistas** del estudio cualitativo, el cuestionario de problematización de los experimentos de la exposición (**cuestionario-2**); la respuesta al test de la asociación numérica de conceptos (**TANC-2**); y la elaboración del mapa conceptual sobre energía (**mapa-3**).

#### **4.12- Procedimientos en el Análisis de Datos.**

Denominamos de unidad de análisis la forma con que organizamos los datos para efecto de análisis. Para esto, vamos inicialmente a focalizarnos en los grupos de alumnos en estudio para cada individuo, para después determinar y observar clases de individuos con comportamientos semejantes dentro de lo que estamos evaluando. En el análisis de datos, los mismos necesitan ser organizados y comprendidos en un proceso continuado, complejo y no-lineal, donde se identifican: dimensiones, categorías, tendencias, estándares y

relaciones (Moreira, 1988; Chizotti, 1991). Lo que implica en efectuar un trabajo de reducción, organización e interpretación de datos. Este análisis ocurre simultáneamente con la colección de datos, para que en función de las interpretaciones que vengan a ocurrir con los mismos, se pueda generar nuevas cuestiones, nuevas estrategias metodológicas, se pueda buscar nuevos datos, complementares y más específicos, cuyas interpretaciones puedan darse en consonancia con lo que venía siendo desarrollado. Pretendemos con eso buscar dar sentido descriptivo al todo a partir de los datos obtenidos. Esta secuencia interpretativa debe ser lo suficiente flexible para permitir que nuevas sugerencias hagan emerger nuevas descubiertas que no habían sido anticipadas antes. Como resultado de la naturaleza cualitativa del análisis no pueden existir anticipaciones de muchos hechos o fenómenos esperados. Mientras tanto, el grado de focalización del problema, fue bien definido previamente cuando trazamos los objetivos a ser atingidos y proponemos algunas hipótesis introductorias. Esto es porque con la profundización del estudio, el nivel de especificaciones posibles de ser obtenidas va a depender de este enfoque (que puede ser más abierto o más cerrado a depender de la cuestión en análisis) (ibid.). El referencial teórico utilizado, el aprendizaje significativo, a partir de la conceptualización y problematización acompañada del desempeño de los alumnos, va a permitir establecer la dimensión y los rumbos que inicialmente pueden ser tomados (los procedimientos que pueden ser anticipados o prorrogados).

Otro aspecto se refiere al hecho del estudio considerar datos cuantitativos como pruebas documentales para complementar el análisis cualitativo del conocimiento generado y trabajado en la programación didáctica en la acción integrada. En este caso, procedemos al análisis de estos datos en separado atribuyendo categorías clasificatorias que llevaron en cuenta el conocimiento programado en conceptos y proposiciones (leyes, definiciones, relaciones) que necesitaban ser accionados para dar solución a las cuestiones colocadas en razón de un aprendizaje significativa. Procedemos en las diferentes maneras utilizadas de evaluación inicialmente de forma independiente. Pero buscamos efectuar relaciones en el tratamiento contenido en las evaluaciones escritas y orales por entrevistas y grabaciones de narrativas (en aula y durante la visita a la exposición). Lo que debe permitir que pueda ser efectuado una triangulación entre los diferentes mecanismos evaluativos de registros, dentro del análisis cualitativo de la descripción del estudio (Günther, 2006).

El análisis cualitativo también sugiere criterios con relación al rigor con que deberíamos conducir nuestra investigación. Para esto, se puede traer la visión y conceptos

relativos a la validez interna del estudio cuantitativo tradicional. Como es el caso de la confiabilidad del análisis cualitativo que, también puede depender del control de variables extrañas, que pueden interferir en la validez externa. Lo que va a reflejar en la capacidad de efectuarse la generalización de los resultados, y en la confiabilidad de replicación del proceso investigativo a otro grupo, lo que viene requiriendo mudanzas y adaptaciones en los procedimientos efectuados. Pero existen, otros criterios más adecuados a la validación cualitativa, envolviendo aspectos como: credibilidad (cuando se analiza si los resultados e interpretaciones realizadas por el investigador son o no plausivas para la población investigada); la transferibilidad (si los resultados del estudio pueden ser transferidos para otros contextos, o para el mismo contexto en otras épocas); la consistencia (cuando los resultados obtenidos se mantiene estables con el pasar del tiempo); y por último la confirmación (si los resultados pueden ser confirmados en otros contextos) (Moreira, 1988).

Procedida la preparación del estudio con la descripción del delineamiento investigativo, mostrando la programación utilizada, e informando aún sobre el cronograma y los mecanismos y técnicas del sistema de evaluación aplicada, pasaremos ahora a mostrar en el próximo capítulo los resultados obtenidos en el primer estudio, y posteriormente en el capítulo siguiente los resultados obtenidos en el segundo estudio.

# **CAPÍTULO 5**

## **RESULTADOS OBTENIDOS: PRIMER ESTUDIO**

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS OBTENIDOS: PRIMER ESTUDIO.

#### 5.1 Consideraciones Iniciales.

Mostraremos ahora algunos procedimientos que tuvimos que efectuar para analizar las respuestas obtenidas en los instrumentos de evaluación utilizados en esta investigación. En la evaluación que efectuamos de naturaleza cualitativa, tuvimos que trabajar con algunas puntuaciones cuantitativos para colocar el desempeño en el cuestionario o en el test en una de las clases de la clasificación efectuada por cada forma de evaluación. Así fue posible sistematizar una comparación de desempeño entre los elementos del grupo y establecer el desempeño del propio grupo investigado, con base en el trabajo desarrollado por la programación didáctica utilizada en la acción integrada exposición-escuela. En el acompañamiento evaluativo efectuado tuvimos que, establecer categorías o clases de desempeño para todos los instrumentos utilizados. Fue la forma utilizada para efectuar una triangulación entre los registros evaluativos para promover una comparación y pueda establecer relaciones de desempeño individuales para consecuentemente llegar a una evaluación de comportamiento del grupo. La interpretación de los resultados fue la luz del referencial teórico del aprendizaje significativo clásico y de la crítica.

En el acompañamiento cualitativo descriptivo que efectuamos fueron efectuados observaciones y registros de todas las etapas de la investigación. Por el hecho de que ya conocemos el campo de investigación la cual ocurrió este estudio, los registros a través de entrevistas sólo sucedieron después de la segunda visita de la exposición. Fue el momento que pensamos que ya existían subsidios suficientes en la observación del comportamiento del grupo en la acción integrada (durante la visita, en el aula y en el desempeño obtenido en algunos registros escritos evaluativos ya aplicados). Por lo que ocurría durante la entrevista se puede orientar el rumbo del diálogo dentro de un planeamiento previo flexible relativo a cómo proceder en la secuencia de la entrevista. Cuanto a los instrumentos de evaluación escritos complementares (test, cuestionarios y mapa conceptual) fueron considerados para el análisis, independiente del acompañamiento descriptivo y al mismo tiempo buscando efectuar una triangulación. Las evaluaciones escritas, como documentos escritos de la investigación, eran promotoras de datos complementares de la narrativa cualitativa. Existe así una preocupación en establecer una interdependencia entre los resultados de cada

instrumento. Que facilitase el análisis cualitativo del desempeño individual para llegar al desempeño del grupo como un todo.

Trabajamos este estudio estructurando una enseñanza que pueda promover aprendizaje significativo por recepción y por descubierta. Los instrumentos de colección de datos fueron elaborados para traer más subsidios sobre la evolución conceptual por parte de los alumnos. Existía el propósito de buscar evidencias e indicios de aprendizaje significativo. Así, nuestro acompañamiento evaluativo apenas determinó, delante de los conceptos y proposiciones científicas de las programaciones, la existencia y el nivel con lo que se puede atribuir a ese contenido significado científico.

El cronograma seguido para la aplicación de los instrumentos de evaluación escritos tuvo la siguiente secuencia dentro de las etapas diseñadas para la investigación:

El **mapa conceptual-1**, sobre energía, efectuado antes de la primera visita fue la primera actividad de evaluación, relativa a una averiguación de la conceptualización previa traída o desarrollada en el aula de la escuela (existió antes una introducción y preparación para la confección de este mapa).

El cuestionario **descriptivo-1** (de conceptualización) fue aplicado durante el período de preparación y revisión del contenido asociado a una base teórica necesaria para acompañar la exposición.

EL **TANC-1** fue confeccionado por causa del mal desempeño mostrado en la confección del mapa-1 y en la respuesta al cuestionario-1. Este test fue aplicado después de la primera visita de la exposición, con la función de evaluar el relacionamiento de los conceptos más generales e inclusivos relativos a los experimentos y también subsidiar una lista futura de conceptos en la confección del mapa siguiente.

El **mapa conceptual-2** fue el mapa intermediario, entre los mapas confeccionados; y sirvió para evaluar el desempeño en la acción integrada después de la segunda visita en razón de acompañar una evolución conceptual en esta etapa intermediaria de la investigación.

El cuestionario **descriptivo-2** (de problematización de la exposición) fue aplicado después de la tercera visita (último contacto con los experimentos), con la función de

evaluar el aprendizaje por la capacidad de problematizar los experimentos en la acción integrada.

Como últimos instrumentos de evaluación escrita, en la conclusión de los trabajos, fueron aplicados en diferentes momentos el **TANC-2** y el **mapa conceptual-3**, dentro de los objetivos ya colocados anteriormente, es decir, buscando evaluar la evolución conceptual en esta etapa final de conclusión de la investigación.

Todas las evaluaciones escritas citadas ocurrieron concomitantemente al curso de acompañamiento cualitativo. Que, por su vez, fue efectuado por observación directa, en el campo donde ocurrió el estudio e indirecta (por grabación e informaciones pasadas por el Profesor). Hubo aún en la evaluación cualitativa la realización de entrevistas, ocurridas antes y después de la realización de la tercera visita. Las evaluaciones escritas y por entrevistas fueron efectuadas en la escuela bajo la responsabilidad del investigador.

En todas las visitas fuimos el expositor teniendo como auxiliares un monitor y el profesor del grupo que acompañaba las visitas. Estuvimos también como observador acompañando el contacto, la disposición, y actitudes de los alumnos frente a los experimentos en sus intervenciones, interrogaciones y dudas. La exposición fue documentada con fotos, grabación en audio, pequeños registros de grabación en vídeo, y en registros escritos después de la visita. El profesor del grupo que acompañaba la exposición y en el diálogo mantenido con los alumnos podía efectuar intervenciones frente a lo que iba siendo mostrado durante la visita. También auxiliaba documentando la acción con fotos y buscando sacar las dudas de los alumnos, y solicitando la atención de los mismos.

En el aula estuvimos acompañando directamente los trabajos apenas en algunos momentos que estuvimos desarrollando una actividad programada en conjunto con el profesor; y también cuando íbamos a aplicar las evaluaciones escritas y efectuar las entrevistas. Sin embargo la mayor parte de este acompañamiento fue efectuada indirectamente por grabación de audio y en fotos que mostraba como ocurría la interacción profesor-alumno en el aula y lo que era presentado y discutido en algunas aulas referente a la programación de la acción integrada. En el próximo ítem presentaremos el análisis cualitativo descriptivo de este primer estudio.

## **5.2 Análisis Descriptivo del Estudio.**

### **5.2.1 Consideraciones Iniciales.**

El estudio descriptivo de esta acción integrada Usina-Escuela, será narrado buscando seguir el orden cronológico de acontecimientos de los hechos, tomando como referencia el cronograma de las etapas de la visita a la exposición y la intervención didáctica del profesor en la escuela poniendo en práctica la programación. En este sentido iniciamos describiendo como fue la preparación previa para el trabajo de campo en el escenario: visita-sala del aula y con los personajes, alumnos, profesor y especialista (que tenía la dupla función de investigar y actuar). Esa narrativa va a ser descrita siguiendo las siguientes fases: la fase de preparación (el contacto con la escuela para mostrar los objetivos y diseño investigativo; la preparación del profesor para la programación de la acción integrada y para atender al sistema de evaluación escrita inicial por mapas conceptuales y por el cuestionario descriptivo, ambas evaluaciones previstas para antes de la primera visita); la fase de revisión (una preparación de los alumnos para enfrentar los experimentos de la exposición); la fase de visitas intercaladas (dirigida por el especialista), asociada a la acción integrada en la programación de la escuela (en las actividades regulares con el profesor y en algunas intervenciones del especialista en la escuela con los alumnos); la fase de entrevistas efectuadas antes y después de la última visita; y por ultimo una fase de análisis de los resultados y la fase conclusiva efectuada a través de una triangulación e integración entre todos los documentos de evaluación (escritos, entrevistas y observaciones en el aula y en las visitas a los experimentos de la exposición).

A pesar de ser una descripción cronológica, algunas anticipaciones o retrocesos en la narrativa fueron efectuados cuando necesario para complementar o efectuar asociaciones; visando traer más evidencias interpretativas a algo que en aquel momento se comprobaba. Para esto, algunas triangulaciones con los instrumentos de evaluación escrita fueron efectuadas dentro de toda la narrativa en todas las fases de este estudio. La narrativa descriptiva va a mostrar el comportamiento e intervenciones de los alumnos en la exposición y en el aula; va a mostrar el planeamiento y estrategia didáctica utilizada por el especialista en sus argumentos de la exposición en los experimentos; va a mostrar el planeamiento y la estrategia didáctica utilizada por el profesor en el abordaje del contenido (en algunos momentos que fueron acompañados) en el aula y en la exposición; y va a mostrar aún las informaciones relevantes colectadas por las entrevistas. A seguir el caso será descrito en sus diferentes fases abordando en detalles los puntos relevantes de nuestra

propuesta. Buscando también situar los locales y los momentos o períodos en que los hechos ocurrían en el trabajo de campo de este estudio.

### **5.2.2 Fase de Preparación del Estudio.**

Inicialmente buscamos pasar al profesor algunas ideas del contenido metodológico y psicológico de la estructuración de la enseñanza-aprendizaje. Que daría soporte al trabajo a ser desarrollado en el campo de estudio. El profesor estaba consciente que en esta nueva propuesta de cooperación de la asignatura Física en uno de sus grupos en el Centros de Ciencias, que alguna cosa había que ser cambiada en su sistemática de enseñanza. El profesor a pesar de que se encuentra muy preocupado con la preparación de sus alumnos para enfrentar el examen de admisión para acceso a la universidad, él se propone abrir un espacio dentro de su programación en la escuela para tratar de las cuestiones sobre el tema Energía, atendiendo a una programación conjunta de la clase con la visita a la exposición de experimentos. El libro de texto adoptado por la escuela para la asignatura era: Física (volumen único) de Wilson Carron de la Editora Moderna. Debido al abordaje tradicional de la programación de este libro, íbamos juntamente con el profesor a seleccionar algún material complementario que proporcionase un abordaje más integrado y contextualizado e identificada con nuestro recorte. En la oportunidad también buscamos colocar la importancia de la utilización del cuaderno temático sobre energía que desarrollamos y recomendamos la lectura del mismo al profesor. Entregamos material escrito que fundamentase sobre el aprendizaje significativo y sobre la construcción de mapas conceptuales y también solicitamos que el profesor elabore algunos mapas. Este contacto inicial de preparación y elaboración de un cronograma de actividades que ocurrió entre junio y julio de 2006.

En esta fase de preparación uno de los aspectos importantes, fue mostrar los resultados obtenidos en una etapa de apreciación de una única visita regular referente al mismo contenido de la exposición (sin ningún compromiso formalizado con la programación de la escuela). En la evaluación de esta actividad la mayoría de los alumnos mostraron dificultades en la comprensión del contenido tratado durante la visita. El profesor reconoció que en la realidad de la educación pública, normalmente, los alumnos frecuentan poco Física en la formación escolar y afirma que: *y a muchos de ellos les falta conocimiento del asunto, y muestran muchas dificultades con la asignatura.* Cuando colocamos la

necesidad de cambiar la perspectiva de trabajo para una acción más volcada para una alfabetización científica, el profesor mostró una resistencia inicial en salir de su perspectiva de enseñanza propedéutica. Tuvimos a partir de ahí, que negociar que la enseñanza propedéutica dividiría espacio con la alfabetización científica; no que necesite ser cambiado para atender al estudio de la programación de los experimentos en el aula.

En otro contacto, el profesor quedó incumbido de escoger entre dos de sus grupos de la secundaria de la escuela pública en la que íbamos a trabajar. Se trataba de una escuela que traía sus alumnos para las visitas regulares y fue envuelta en la fase de apreciación anterior a la acción integrada. En la oportunidad también informamos la función y atribuciones del investigador y la del profesor en la acción integrada. Posteriormente el profesor informó los grupos que íbamos a trabajar (en que constaban 35 alumnos matriculados).

El profesor ya conocía los experimentos seleccionados y la exposición por tener la costumbre de traer sus alumnos. Buscamos en este período discutir los experimentos mostrando las estratégicas que serían utilizadas, en el abordaje al contenido de la exposición, dentro del recorte que estaría siendo trabajado junto a la programación de la escuela. En este contexto la utilización del libro sobre energía por el profesor sería importante. Una vez que, además de incluir el contenido de la programación podría traer informaciones complementares a la acción del profesor en la escuela sobre este tema. Así, aspectos relativos a la evaluación histórica del tema energía, la integración de la energía con otras áreas de las Ciencias, y la energía en el contexto de la vida y como un producto de consumo eran puntos a ser considerados. Que a pesar de existir en la programación didáctica de la acción integrada, muchas veces, transcendían las estrategias de abordajes a los experimentos.

En otra oportunidad volvemos a tratar con el profesor sobre lo que iríamos a utilizar en la evaluación de los alumnos y que exigiría una preparación del profesor. Era relativa a enseñar a los alumnos a elaborar mapas conceptuales. Pasamos a mostrar la finalidad de la construcción de los mapas y sus relaciones con los fundamentos del aprendizaje significativo. Necesitábamos situar al profesor, de la función e importancia de estos mapas en la evaluación sobre un determinado contenido, mostrando el relacionamiento y jerarquización de conceptos. Mostrando la función de las proposiciones que podrían aparecer sobre las líneas utilizadas como conectivos de conexión entre los conceptos. Tomamos algunos ejemplos ilustrativos de mapas ya elaborados por especialistas, como fue

el caso del mapa de fuerza. Solicitamos en seguida que el profesor haga un mapa conceptual sobre energía (hasta en razón de la lectura que estaba siendo exigida sobre el tema). En la oportunidad hacíamos algunas inserciones relativas al referencial teórico que estructuraba la programación de enseñanza (la teoría del aprendizaje significativo y algunos aspectos de la teoría de los campos conceptuales), en el que, se referenciaban las estrategias didácticas utilizadas. Era importante que el profesor vea la importancia del acompañamiento de los alumnos en la perspectiva de dominio de conceptos y proposiciones a la luz del aprendizaje significativo.

Cuanto a la tarea del profesor de confeccionar su mapa sobre Energía visando la acción que iba a desempeñar sobre el tema en la etapa inicial, en nuestra evaluación, fue efectuada presentando como resultado un mapa con buena definición. Que consideramos como satisfactoria, dentro de una visión general que el profesor mostraba tener sobre el tema; sin aún una preocupación directa con el recorte a ser trabajado (conforme mostrado en el **anexo 3**). El diagrama del mapa fue hecho en el ordenador. A pesar del profesor nunca haber confeccionado antes un mapa, consiguió asimilar a las orientaciones pasadas y construir dentro de los procedimientos establecidos por la técnica de construcción, faltando apenas sentencias verbales o palabras sobre las líneas de conexión entre los conceptos. La adaptación del profesor con la técnica de construcción de mapas era algo necesario, pues iba a ser útil, para enseñar a los alumnos a utilizar esta técnica.

El profesor estaba consciente que, en el aula, una de las primeras tareas era enseñar a los alumnos a construir mapas conceptuales. Inicialmente sobre asuntos conocidos, y luego, pasar a construir el primer mapa sobre energía. Los resultados mostrados en el desempeño del mapa sobre energía en este estudio mostraron que, para la mayoría de los alumnos, el dominio de esta técnica en este primer momento. Lo que exigió un mayor cuidado con la técnica de elaboración, siendo que, una razonable madurez, sólo fue alcanzada por la mayoría del grupo, en la sucesión del estudio hasta llegar a la elaboración del tercer mapa (conforme mostraremos en el próximo ítem en el análisis de los resultados de la elaboración de los mapas).

Las últimas actividades de esta fase en conjunto con el profesor fue la elaboración de un cronograma de trabajo con base en el diseño de la investigación y en la metodología programada. Tratamos también de los instrumentos de la evaluación que serían utilizados. En este período nos encontrábamos al final del mes de julio de 2006.

Queremos observar que durante este período de preparación para ir al campo de estudio, fornecemos material de lectura para el profesor sobre energía. Que constó del cuaderno temático, de escritos direccionados a la programación de Física, y de algunas publicaciones que colocaban algunos aspectos importantes del referencial teórico que sería utilizado (sobre la teoría del aprendizaje significativo y sobre la alfabetización científica). Aún un contacto que sintético del profesor con el contenido fornecido sería importante. Para una mejor comprensión de cómo y porque habíamos procedido en la elaboración de la programación y desarrollar una estrategia metodológica de abordaje. Que sería utilizada en la exposición de los experimentos por el especialista durante las visitas. Y también estaba siendo recomendada para ser usada por el profesor en la continuidad de trabajo en el aula.

Cuanto al perfil del profesor, él era formado en Licenciatura en Física a unos veinte años atrás. Y presentaba como característica ser un profesional con bastante experiencia en el trabajo que desarrollaba en la enseñanza tradicional de Física. En su trabajo, el profesor mostraba no estar preocupado en acompañar las nuevas tendencias pedagógico-metodológicas. Con base en los referenciales teóricos que estábamos utilizando. Inicialmente debido a su comprometimiento con nuestra propuesta de acción integrada, él procuró mostrar algún interés por la lectura que íbamos recomendando. Esa lectura además de situar la Física en la programación tenía la finalidad de una mejor comprensión de los aspectos didáctico-pedagógicos y metodológicos que direccionaba el tipo de abordaje que debería ser practicado en la programación de enseñanza. Dentro de este contexto buscábamos sensibilizar al profesor mostrando como los alumnos deberían desarrollar su conocimiento delante de las necesidades emergentes de la sociedad actual. Lo que por la teoría del aprendizaje significativo crítico, se debería direccionar la enseñanza de Física para envolver nuevos contenidos (como se encuentra propuesto en la programación de la acción integrada).

### **5.2.3 Enseñando a los Alumnos en la Escuela, a Hacer Mapas Conceptuales.**

El profesor inicia su clase colocando para los alumnos que, en el trabajo de la acción integrada de la Escuela con la Usina Ciencia, serían evaluados a través de mapas conceptuales que tenían que elaborar. El profesor en su primera intervención para enseñar sobre esta técnica, coloca que este procedimiento de evaluación por mapas es muy interesante para el dominio conceptual de determinados asuntos. El profesor coloca aún

para la clase, que va a enseñar a construir mapas a partir de la ilustración de un mapa envolviendo las cuatro interacciones fundamentales (las fuerzas de acción a distancia existentes en la naturaleza). Mostrando de manera adecuada como se procede en la construcción de un mapa, coloca la necesidad de efectuar los siguientes pasos: primero se debe levantar y relacionar los conceptos más relevantes; para después proyectar y arreglar estos conceptos en el mapa; lo que debe obedecer a una jerarquía conceptual asociada a un relacionamiento pertinente entre los conceptos dispuestos, efectuado a través de una línea de conexión. Delante de este conectivo de conexión refiere a la necesidad de colocar inscritos para justificar y dar sentido al relacionamiento efectuado. En esta ilustración percibimos que algunos procedimientos no quedaron muy claros. Como el de utilizar en la secuencia jerárquica y relacional los principios de la diferenciación progresiva y reconciliación interactiva. Esto fue en verdad, un ejemplo de mapa que, mostramos y discutimos con el profesor en la fase de preparación de las actividades. Tomamos como ejemplo ilustrativo en la oportunidad para la comprensión del profesor. En que abordamos, sobre la importancia de los conceptos desarrollados, sobre la composición de la jerarquía y del relacionamiento conceptual, entre otras cuestiones contenidas en la técnica de construcción.

El primer mapa que fue solicitado para el profesor elaborar y entregar (para efecto de evaluación), después conocer los procedimientos para tal, fue el mapa sobre energía (**anexo-3**). Que conforme ya nos referimos en el sub-ítem anterior, en la evaluación que efectuemos el mismo había sido elaborado satisfactoriamente con un mapa de buena definición. A partir de este momento de preparación del profesor para la utilización de la técnica, solicitamos que de inicio a las actividades de la acción integrada en el aula enseñando a los alumnos a ejercitar la construcción de mapas. Recomendamos al profesor que no enseñe la técnica ni presente como ilustración ningún mapa sobre el tema energía. Ya que, la realización de un mapa sobre energía por lo alumnos sería un objeto de evaluación posterior. A ser efectuado para evaluar el alumno, después de la fase de revisión y preparación, en una base de conocimientos previos sobre energía para participar de la primera visita a la exposición. Sugerimos al profesor que, enseñe la construcción utilizando otros temas familiares a los alumnos. En nuestra percepción, en el primer ejemplo ilustrativo, el profesor no debería haber usado el mapa de las cuatro interacciones. En razón de que, dudábamos que los alumnos tuviesen un dominio adecuado de este contenido, para facilitar en la comprensión sobre en lo que consiste esta técnica. Mejor sería, por ejemplo, que tuviese sido considerado como tema la electrostática (asunto que venía abordando en el

aula desde el primer semestre del año lectivo, antes de efectuar esta cooperación). Sin embargo como ese procedimiento no había sido combinado con el profesor. A pesar de su iniciativa no haber sido la más adecuada, la intención fue válida como una primera ilustración.

Esa recomendación de iniciar la confección de mapas por temas conocidos se reflejó en las elecciones del tema del primer mapa sobre la Estructura Escolar. El profesor demostraba interés en su acción en el proceso de construcción de mapas. Cuando los alumnos se encontraban elaborando el primer mapa, el profesor auxiliaba, buscando recordar a los alumnos los procedimientos técnicos a ser seguidos. La orientación dada permitía que los alumnos tuviesen iniciativas para la elaboración. Durante esta actividad parte de los alumnos, presentaron al profesor una disposición de los conceptos colocados y cuando necesario rehacían buscando siempre mejorar la estructura del mapa. Sin embargo, la mayoría de los alumnos mostraban dificultades de adaptación a la técnica; y el tiempo destinado a esta tarea realizada en el curso de una clase de cincuenta minutos no fue lo suficiente para que todos cumplieren la tarea satisfactoriamente. Al final de la clase, el profesor se refería, que el dominio de la metodología de la confección de mapas, sería la madurez en el transcurso del trabajo de la acción integrada. Una vez que, los alumnos irían a desarrollar algunos mapas en el período de esa cooperación. No quedó claro, sin embargo, para el grupo si existiría una preocupación de la inserción de utilización, de ese instrumento en las actividades de evaluación regulares de la asignatura (algo que sugerimos a la escuela).

El profesor se mostraba como un profesional perito e interesado en estas primeras acciones y dejaba la impresión que iríamos a realizar un buen trabajo. A pesar del hecho de que su enfoque, ser el de la enseñanza tradicionalista, daba la impresión inicial que paralelamente iría a buscar incorporar y adecuar su trabajo a nuestra programación. Por la vivencia que el profesor tenía en la enseñanza, deberíamos tener cierto cuidado cuando fuésemos a solicitar algunas mudanzas en su comportamiento didáctico-pedagógico y metodológico. Para no crear grandes rupturas con su sistemática de enseñanza, que estaba acostumbrado a desarrollar. Esta observación que efectuamos sobre la perspectiva de enseñanza propedéutico practicado por el profesor, se apoya en las conversas iniciales de preparación de las actividades que realizamos. Y también, en función de un aula grabada sobre asociación de capacitores, ocurrida en el período de la confección del primer mapa conceptual. En que quedaba caracterizado un abordaje por el estilo tradicional.

Sabíamos, sin embargo, de antemano que, nos encontrábamos introducidos dentro de una cultura de enseñanza propedéutica. De ahí, las acciones esperadas en el día a día de enseñanza del profesor no deberían ser diferentes. Sin embargo, el profesor se mostró interesado por nuevas iniciativas en su metodología de trabajo. Al querer combinar la propuesta traída por el Centro de Ciencia con su trabajo en la asignatura Física. Estaba colocando una parte del tiempo previsto de la programación en la asignatura para trabajar el contenido en la programación de los experimentos. Lo que ocurriría a través de clases expositivas que contemple una mayor participación del alumno. Una propuesta de enseñanza-aprendizaje cognitivista-constructivista que se desarrollaría por recepción verbal. Dentro de la carga horaria disponible en la asignatura, de 3 horas-clase semanales, el profesor no puede ceder todo el tiempo disponible de clase en un semestre. Se mostraba muy preocupado en dividir el tiempo dedicado a las acciones integradas con el tiempo de preparación para el examen de admisión de la universidad aún realizado en esta época. Por otro lado, observamos en la grabación en esta clase sobre capacitores, que existían muchas conversaciones paralelas que no se justificaban en razón de alguna tarea propuesta para discusión en grupo entre los alumnos. Observamos que este procedimiento de una parcela de los alumnos interfería en la exposición del profesor. Este hecho nos llevó a levantar la sospecha que, una parte de los alumnos del grupo no se mostraba interesada por la enseñanza expositiva del profesor sobre aquél asunto. Esta impresión inicial por la gravitación de la clase fue quedando evidenciada un poco después. Cuando fuimos al aula de la escuela para realizar una tarea y posteriormente cuando argumentamos con algunos alumnos en las entrevistas sobre sus actitudes con relación a la asignatura Física.

En esta fase inicial, después de que los alumnos se preparen para la confección de mapas conceptuales ellos elaboraron el primer mapa sobre energía. Para en seguida participar de la fase de revisión/evaluación en lo que envolvía una preparación para la primera visita a la exposición. Una preparación en fundamentos básicos relacionados al tema energía de los experimentos. Tenemos que resaltar que en este primer estudio el mapa antecede a la etapa de revisión y preparación, en razón de que estamos trabajando con alumnos del tercer año de la secundaria. Que ya deberían haber pasado en las series anteriores por un proceso de formación relativo al asunto trabajo y energía mecánica; y visto que existen diferentes naturalezas de energía. La intención en esta iniciativa era evaluar en la fase inicial del estudio, la estructura conceptual traída por el alumno a partir de este mapa. Para tener una idea del trabajo que necesitaría ser desarrollado en la escuela en la preparación para la visita a los experimentos.

Los resultados de la elaboración del mapa sobre la estructura escolar mostraron que, para la mayoría de los alumnos sería necesaria una mayor inversión en la confección de mapas para mayor dominio de esta técnica. Una de las grandes dificultades en este momento, mostrada por muchos alumnos, era la de recordar y decidir sobre cuáles eran los conceptos más relevantes en la estructura del contenido que podrían ser utilizados. A partir de ahí fuimos alertados que existían muchos alumnos con dificultades para la iniciativa de construcción del primer mapa sobre energía. No habían desarrollado habilidades suficientes para ejecutar esta tarea. A este aspecto acrecentábamos la falta de dominio sobre el tema (la ausencia de subsunores adecuados). La mayoría de los alumnos aún mostraba extrañeza al elegir conceptos, una vez que, hasta parecían no saber distinguir conceptos de no conceptos, en cierto campo del conocimiento. Sin embargo estábamos en la elaboración del primer mapa, dónde nuestra preocupación y orientación dada para los alumnos era que, aleguen los conceptos principales relativos a la energía mecánica con su relación con el trabajo y a partir de ahí, envuelvan relaciones con otras formas de energía.

En el ítem siguiente mostraremos que, el suceso de esta construcción fue verificado en la mayoría de los alumnos. Por no conseguir desarrollar inicialmente, un diagrama que represente un mapa conceptual y subsecuentemente una estructura de contenido que fuese adecuado a la orientación dada en el momento de ejecución de la tarea. Solamente para efecto de situarnos, los resultados del grupo de 33 alumnos del grupo que elaboró el primer mapa, mostró que, apenas 3 alumnos obtuvieron un desempeño de definición regular en el mapa, colocando conceptos centrados en la energía mecánica. Tuvimos 16 alumnos mostrando un diagrama próximo a un mapa que caracterizamos como de poca definición y los 14 alumnos restantes, no mostraron ninguna definición en el mapa. Sin embargo, preveíamos que existirían dificultades iniciales en el desempeño de los alumnos y que necesitaba haber una mejor adecuación de trabajo con la propuesta en el aula. Los resultados mostraron que los alumnos necesitaban adquirir una mayor madurez con la técnica y al mismo tiempo era necesario haber un mayor inversión en la preparación de conocimientos previos para que puedan acompañar la visita. Nuestra intención con la evaluación sucesiva a través de los mapas era acompañar la madurez conceptual relativa al tema en la secuencia del estudio.

#### **5.2.4 Fase de Revisión y Preparación para la Primera Visita.**

Por el tiempo que tuvimos de revisión y preparación, hasta la realización de la primera visita, Disponíamos inicialmente de más de un mes (entre agosto y setiembre de 2006). Para efectuar esta revisión intercalada y en paralelo con la secuencia de la programación anual tradicional de la asignatura Física, el contenido escolar era circuitos eléctricos y magnetismo. El profesor, que en aquel momento estaba iniciando el tratamiento de circuitos eléctricos, tenía en el contexto de su programación el compromiso con nosotros, en dar más espacio para la energía en la composición de la cooperación con su secuencia tradicional. Lo que requería algunas anticipaciones en su secuencia, la inclusión de algunos asuntos nuevos traídos por la tecnología envuelta y la revisión de otros asuntos constantes en series anteriores. Un contenido complementario referente al concepto de trabajo, energía mecánica, energía térmica, temperatura, calor, sobre transmisión de calor y las transformaciones de energía. Recomendábamos que en este momento inicial de la acción integrada busque insertar algunos aspectos más generales en los fenómenos de producción de energía eléctrica (por inducción, por efecto fotovoltaico, y por efecto electroquímico). El profesor tenía el compromiso de efectuar una adaptación en su programación para incluir el recorte que efectuamos en el tratamiento del tema de nuestra programación de forma gradual. Por ejemplo, en esta fase del estudio de circuitos normalmente la enseñanza tradicional introduce el concepto de fuerza electromotriz asociada a los generadores electroquímicos. En nuestra acción conjunta, el profesor anticiparía algunos aspectos de los generadores por inducción, y aún haría una introducción al efecto fotovoltaico de las células solares. Cuanto a la necesidad de una revisión sobre la energía venía del hecho de que los conceptos de trabajo y energía mecánica ya habían sido trabajados antes en el primer año de la secundaria. Por su vez, muchos alumnos mostraron dificultades en la elaboración del primer mapa. También ya existía una premisa en estas dificultades, que se refiere al hecho de que en la fase exploratoria de esta investigación, los alumnos que mostraban muchas dificultades en nociones introductorias eran de esta misma realidad de enseñanza. Preveíamos que, la falta de fundamentos básicos también ocurriría en las formas de transmisión de calor, utilizada en la comprensión de la termoeléctrica y del aprovechamiento de la energía solar en los sistemas de calentamiento. Eran puntos, que iríamos a mostrar en la exposición y que necesitarían que lleven en la fase de preparación de la escuela. Frente a estos comentarios iniciales de estructuración y de implementación del estudio el profesor inicia el trabajo de revisión.

En esta fase de revisión el profesor busca mostrar la importancia en la formación de los alumnos, del concepto de trabajo y energía mecánica para la comprensión de otras formas de energía. Colocaba para el grupo que: *la acción integrada con la Usina Ciencia, era una oportunidad muy valiosa que deberíamos aprovechar, interesarnos y involucrarnos con las visitas en los experimentos y con los trabajos en el aula. Aprovecho la oportunidad y registro que: en el aula pasada ya había traído unos experimentos sobre energía... (A pesar de no estar previstos en nuestra acción conjunta, sería bienvenido, todo aquello que se suma a nuestro propósito, para acrecentar a la formación de los alumnos).*

Vamos ahora a narrar el comportamiento del profesor y de los alumnos en algunos pasajes en una clase de revisión que observamos. La revisión de contenido es iniciada cuestionando a los alumnos sobre energía y sobre los conceptos a ella asociados. Algunos alumnos citaron: *la relación con el trabajo... otros con fuerza... con la energía cinética... con la energía eléctrica...* el profesor interviene preguntando: *¿Y la energía gravitacional?* un alumno se posicionó cuestionando: *¿Eso no es energía potencial?* Y el profesor observa que sí: *energía potencial gravitacional*. El profesor inicialmente discute la energía en función de lo que fue colocado por los alumnos. En la continuidad de la exploración del tema, pasa para una discreción en un abordaje formal matemático de definición y concepto de trabajo y de su relación con la energía cinética (escribiendo en la pizarra y justificando los pasajes). Los alumnos a partir de este momento se distancian de un diálogo y de sus intervenciones iniciales. Muchos elementos del grupo pierden el interés y muestran no dar atención y empieza a existir conversaciones paralelas. El profesor en muchos momentos de la revisión muestra utilizar y seguir la trayectoria tradicional en el abordaje del contenido, conforme procedimientos y secuencias que constan en los libros de texto tradicionales de la secundaria. En este procedimiento de revisión, una grande parte de los alumnos parecían no tener afinidad y no demostraban interés en acompañar lo que estaba siendo desarrollado. Por considerarlos como clases de revisión, los momentos que estuvimos registrando mostraron que la mayoría de los alumnos, parecía no haber tenido ninguna vivencia con el asunto. Dejando a entender que estaban viendo algo nuevo.

Observamos y le dijimos al profesor, en nuestro contacto subsecuente de coordinación de las acciones, que delante del comportamiento mostrado por muchos alumnos del grupo, que lo que estaba siendo abordado en la perspectiva de una simple revisión exigiría en la verdad una preparación mayor inicial. Algo más fundamentado, una vez que, el estudio de ese asunto no debía desarrollarse en la formación de la mayoría de

aquellos alumnos. Otra dificultad observada en el trabajo del profesor en su secuencia tradicional era cuanto a las deducciones y a las formas utilizadas. Una vez que, delante de la falta de interés por estas deducciones, cuándo el profesor preguntó al grupo: ¿Qué es lo que han comprendido? Los alumnos se mantenían muchas veces en silencio y en la ausencia de diálogo, el profesor da secuencia a lo que efectuaba. Sugerimos que evite acciones aisladas de exposición unidireccional sin conseguir la participación de los alumnos. Habiendo quedado notoria la necesidad de una simplificación en el tratamiento matemático en razón de una mayor inversión en la descripción conceptual.

En este momento necesitamos hacer un paréntesis para acrecentar que, en la invitación y aceptación de la escuela en utilizar las acciones de la exposición, alguna cosa tenía que cambiar en la adecuación de la programación escolar. Sin embargo, no teníamos el propósito, ni podríamos por imposición cambiar la práctica académica del profesor. Hasta por el hecho de las condiciones de trabajo a la que se encontraba sometida. La propuesta de trabajo colocada para el profesor traía nuevos ingredientes, sin la pretensión de cambiar toda la enseñanza expositiva tradicional y la falta de condiciones de trabajo que venía siendo mostrada en aquella realidad. La forma de enseñanza en el abordaje practicado por el profesor, si tuviese que ser cambiado para adaptarse a una perspectiva de acción integrada tendría que ocurrir por iniciativa propia, negociada voluntariamente. Hasta por qué se trataba de un profesor perito, maduro, dedicado y reconocido, en sus acciones como educador. Un profesor que aún delante del contexto escolar tradicional, buscaba hacer algo diferenciado en beneficio de los alumnos.

Sin embargo teníamos en nuestras hipótesis iniciales investigativas, la intención de mostrar que esta parecía podría funcionar inclusive delante de la enseñanza-aprendizaje por recepción verbal. Y para que funcione, teníamos que provocar al profesor en el sentido de los ajustes que sean necesarios. Para evitar el mecanicismo puro y simples y trabajar buscando el aprendizaje significativo. Así delante de aquella realidad, con base en lo que ocurría, se propone al profesor que, sería mejor invertir en un abordaje para la comprensión que no fuese tan amplia y cargada de formalismo matemático. Como estaba promoviendo, en el tratamiento de la definición de trabajo mecánico y en la relación entre el trabajo y energía mecánica. Argumentaba con el profesor que, por ejemplo, una salida para la comprensión de los alumnos sería no tratar la cuestión colocando el producto escalar entre los vectores, buscando explorar fenomenológicamente las relaciones operacionales del producto de la fuerza por el desbocamiento. Haciendo eso, buscábamos también alcanzar

otros momentos de la secuencia tradicional del profesor, como por ejemplo, en relación a cuando fundamentaba el contenido de electricidad y magnetismo de esta serie escolar. La intención era simplificar la descripción matemática y colocar al profesor más envuelto con las anticipaciones e integraciones de conocimientos constantes de la programación de la acción integrada.

En algunas oportunidades subsecuentes, conectadas a una preparación para con la visita a los experimentos, observamos que el profesor mostró buscar reformular sus acciones tradicionalistas en el tratamiento del contenido. Cuando, por ejemplo, buscó relacionar la energía mecánica con otras formas o naturaleza de energía, abordando el asunto sin mayores preocupaciones con deducciones a partir de la definición de trabajo mecánico. No utilizaba así, el rigor del formalismo matemático que normalmente practicaba. Quedando evidenciado en el comportamiento de los alumnos, que en estos momentos de simplificación de lenguaje, ellos intentaban dar una mayor atención, buscando acompañar y contribuir con las acciones.

A partir de esa etapa de conclusión de la fase de revisión-preparación fue aplicado el cuestionario descriptivo de conceptualización (que había sido programado para este momento). Habíamos elaborado este cuestionario previamente y mostrado y discutido con el profesor. Que tenía el conocimiento de su finalidad evaluativa al final de esta etapa de revisión. Este cuestionario descriptivo efectuaba una pre-evaluación de conocimientos principalmente en razón de la revisión del contenido referente al primero año de la secundaria tradicional. Buscando también efectuar una pequeña inserción de relacionar la energía mecánica con otras formas de energía. El resultado de la aplicación de este cuestionario mostró que, la mayoría de los alumnos no conseguían tener un buen desempeño en las respuestas. Por lo menos, que atiende al estándar de un rendimiento regular en las respuestas (dentro de los criterios establecidos para la corrección).

Posteriormente cuando en la entrevista algunos alumnos relataron el histórico de la enseñanza de Física desde el primer año de la secundaria. Informando que quedaron sin clases de Física por casi todo el año lectivo. Fue relatado por algunos alumnos de este grupo que, sólo tuvieron contacto con Física aquella época al final del período anual escolar. Fue en este período que ocurrieron algunas clases que buscaban envolver una síntesis de todo el contenido previsto. Según narrativa de los alumnos, después de estas clases realizaron un trabajo para cumplir los requisitos formales de la evaluación escolar para ser aprobados y cambiar de serie. Para muchos alumnos que tuvieron la formación en

nuestra escuela desde el primer año, ese hecho en sí, según los entrevistados, los llevó en los años siguientes a dejar de tener un mayor interés por la asignatura. Posteriormente comentando con el profesor el resultado de la evaluación obtenida en el cuestionario, colocamos el hecho ocurrido de ausencia de clases en casi todo un año lectivo (por la falta de Profesor de Física que existía en la época en muchas escuelas de la red pública estadual). El profesor confirmó haber sido esta la realidad (conocemos la realidad de falta de Profesores formados en Física); se llega a una situación que, a veces, no se consigue resolver el problema contratando el profesor monitor. Un estudiante universitario de un área parecido, contratado con una beca para “resolver” la falta del profesor licenciado.

Estamos introducidos dentro de esta realidad educacional en esta región. Hablamos de estos procedimientos de final de año en razón de la falta de profesores de Física. No sabíamos, de la existencia de este episodio originariamente en este grupo. Sin embargo, sin establecer mayores polémicas, buscando adaptarnos a esta realidad (no conocida inicialmente), tuvimos la comprensión que, el hecho exigiría un mayor tiempo de inversión en el desarrollo de una base de contenido teórico. La formación de una base de conocimientos teóricos que pueda llevar los alumnos a enfrentar la exposición mostrando poseer conocimientos previos necesarios. Que puedan despertar para actitudes favorables ante los experimentos. También no sabíamos a partir de ahí como el profesor conseguiría desarrollar sus actividades buscando seguir la programación de enseñanza tradicional en esta serie, sin llevar en cuenta la inexistencia de una base en conocimientos previos. Lo que lleva a la falta de habilidad en procedimientos técnicos y a la falta del lenguaje científico que necesitaría haber sido desarrollada (antes de esta situación los subsunores no serian adecuados). Estábamos conscientes que la mayoría de los alumnos no se encontraban preparados para una efectiva participación en la primera visita (y que el calendario no permitía más prorrogación sin comprometer la acción a partir de la exposición). Por otro lado, también era nuestra intención con la primera visita, buscar despertar un mayor interés, creando una predisposición, y actitudes favorables, a partir de los experimentos para con la Física. En aquel momento, la evaluación que hacíamos, era la de que la mayoría de los alumnos no conseguiría atribuir significados científicos adecuados a lo que fuese trabajado en la exposición.

A pesar de las condiciones con que los alumnos llegaban para la primera visita no ser de las más favorables, la propuesta de abordaje del museo en el lenguaje y descripción de los fenómenos era estimulante y aún envolvía razones técnico-científicas de intereses

contextuales. Pensábamos ser ese el momento de llevar al alumno al interés y predisposición. Cuanto al profesor que participaba de la visita sería este un momento de reflexión para la continuidad del trabajo que desarrollaba en la escuela. Para que actuase más en la comprensión conceptual de los fenómenos contenidos en los experimentos (que en muchos aspectos, fuera de la secuencia convencional practicada, se conectaba a la programación tradicional de la enseñanza escolar). Nuestro propósito a partir de esta realidad fue buscar un medio de adecuación de la estrategia didáctica de abordaje a la capacidad de retención del alumno. En la continuidad del trabajo, en la visita a la exposición y en el aula era necesario utilizar metodológicamente lo que sea posible y necesario para provocar a través de los experimentos, predisposición para estudiar Física. Los alumnos interesados necesitaban enfrentar sus dificultades para que puedan dar algunos significados adecuados a los fenómenos. En la sucesión de visitas y en las acciones de la escuela esperábamos que los alumnos puedan ir mejorando el lenguaje utilizado y se envuelvan en un proceso de evaluación gradual en la conceptualización científica de los fenómenos.

Llevando en cuenta la realidad que este estudio estaba introducido, la primera visita fue programada como énfasis en la discusión de los experimentos sobre la energía mecánica. En sus transformaciones y en el relacionamiento del trabajo mecánico. En una forma de abordaje que, se busca discutir los fenómenos de manera bien accesible. Las estrategias de exposición de los experimentos fueron utilizados para facilitar la retención inicial de ideas más generales e inclusivas. Y era necesario presentar inicialmente los experimentos de menor complejidad conceptual. En la secuencia de la presentación de los experimentos había en las estrategias el establecimiento de un proceso de diferenciación progresiva y reconciliación integradora en el contenido de una misma subclase o inclusive de una clase de situaciones de enseñanza consideradas. Existía la preocupación en nuestra programación con la integración del tema energía en el curso de toda la exposición en leyes generales. Hasta porque en las estrategias establecidas, existía la preocupación en mostrar las transformaciones de la energía mecánica para otras formas de energía (a partir de la **estrategia 1**). En este recorrido inicial sin entrar en especificidades en el curso de la presentación estaba previsto llegar a la transmisión del calor por irradiación solar para calentamiento (la clase de **situaciones de enseñanza 2** abordada por la **estrategia 6**). Sobre la máquina a vapor, por ejemplo, el enfoque era producir trabajo mecánico para que ocurra el fenómeno de inducción; era una subclase, que a pesar de envolver efectos térmicos, pertenecía a la **clase de situaciones de enseñanza 1**. Por hacer referencia a la generación

termoeléctrica (abordada por la **estrategia 2** con finalidades bien más amplias que la de una máquina a vapor). Eran asociaciones entre relaciones y transformaciones energéticas importantes que iban siendo hechas en razón de las necesidades y especificaciones técnico-científicas de cada componente. Que necesitaban ser retenidas a partir de algunos conceptos y proposiciones de naturaleza genérica hasta ser diferenciados por sus especificidades. El contenido previsto para ser traído por el alumno para el momento de la primera visita era constituido principalmente de ideas más generales e inclusivas. Eran las proposiciones contenidas en la ley de conservación y en la ley que regula la eficiencia y el sentido con que ocurrían los procesos de transformaciones. Cuanto a los referentes conceptuales más utilizados aparecían las energías primarias y secundarias relativas a las transformaciones de energía (entre otros conceptos y proposiciones presentados sin mayores preocupaciones con sus especificidades en el primer momento de presentación de la exposición).

### **5.2.5 Primera Visita a la Exposición de la Usina Ciencia.**

Debido a las dificultades que ya nos referimos al énfasis en la primera visita fue dada a la energía mecánica, dentro de la programación. En las relaciones de transformación de energía, inicialmente fue desarrollada la relación entre el trabajo y energía mecánica (cinética y potencial). Fue trabajado el concepto de fuente de energía primaria y fuente de energía secundaria en las transformaciones relacionadas principalmente en la producción de energía eléctrica. Inicialmente por inducción electromagnética (fenómeno que en ese momento no buscamos entrar en sus detalles y especificidades que constan de las **estrategias 2 y 3**). En nuestra programación, habíamos planeado que el profesor, en esta primera visita, acompañaría apenas a la actividad en la condición de observador pudiendo efectuar algunas intervenciones que encuentre necesaria.

Iniciamos la exposición utilizando la **estrategia 1**, la energía mecánica era destacada en el experimento del loop que también mostraba la esfera en movimiento en un sistema oscilante. El sistema oscilante fue usado, para discutir con los alumnos la ocurrencia o no de la conservación de la energía mecánica y llegamos a una conclusión sobre hasta qué punto podría, por aproximación, no considerar la ocurrencia de disipación de esa energía (en otras formas de energía en el sistema del loop por la interacción de la esfera con su alrededor. Mostramos que la disipación de la energía mecánica de la esfera en movimiento en la rampa era pequeña por ciclo de oscilación. También no descuidamos de la

necesidad de preservar la ley de conservación de la energía más amplia. Después partimos para el experimento en que la esfera procesaría el movimiento del loop (dando la volta por encima en la trayectoria circular). Asumiendo que iríamos a problematizar este experimento, considerando por aproximación, la conservación de la energía mecánica. Una simplificación teórica necesaria para facilitar su problematización. Buscamos crear una expectativa en los alumnos con relación a la altura que la esfera debería ser suelta en la rampa para aún conseguir dar la vuelta por cima (debería encontrar una energía potencial gravitacional mínima). E hicimos referencia a la sobra energética cuando el fenómeno era realizado de alturas mayores. Los alumnos observaron sin efectuar comentarios relevantes para registro. Sin embargo la mayoría se posicionaba correctamente cuando cuestionados si el *loop* procesaba con sobra o sin sobra energética, cuando la esfera inició a ser suelta de la parte más alta de la rampa, hasta conseguir llegar a la condición de altura mínima para la realización del loop. A partir de ahí buscamos efectuar una analogía del procesamiento en este sistema con la energía mecánica utilizada para el procesamiento en la hidroeléctrica.

Buscábamos delante de la analogía efectuada hacer con que los alumnos comprendiesen lo que denominamos en Brasil de apagón (*blackout*, falta de energía primaria mínima necesaria para atender a la generación hidroeléctrica); buscando asociar a la energía mecánica mínima para el procesamiento del loop con los períodos de sequía. Período en que existió la necesidad de un racionamiento de electricidad desencadenando un amplio programa de concientización popular de racionamiento de energía. En este sentido, buscábamos cuestionar con los alumnos si la analogía efectuada era perfecta. Que observen que en el *loop* la minimización de la energía ocurría en función de disminuir la altura, mientras que en la hidroeléctrica la altura de la represa en la casa de fuerza de generación se mantiene constante. La reducción de la capacidad de generación en la hidroeléctrica ocurría así en función de disminuir la masa disponible (una situación ilustrada en seguida por el **experimento 1**, de la maqueta de la hidroeléctrica, abordada por la **estrategia 2**). Comentábamos en nuestra problematización contextual, sobre la situación energética de las hidroeléctricas en épocas de sequía, cuando la cantidad de agua a veces, alcanza límites mínimos para generación. Una buena parte de los alumnos del grupo que se interesó en participar de este cuestionamiento mostró tener una comprensión de las relaciones que estaban siendo desarrolladas por la **estrategia didáctica 1**. En esa oportunidad hicimos referencia a la importancia para el aprendizaje de los alumnos al efectuar analogías entre situaciones nuevas y situaciones dónde ya existía una base para el dominio. Teníamos el cuidado, sin embargo, de observar para los alumnos, las especificidades que diferenciaban

esas situaciones en la analogía efectuada. Algunos de los alumnos que observaban atentos y participaban interviniendo en la negociación del problema dejaban entender que tenían la comprensión de los argumentos que estábamos utilizando. Sin embargo muchos alumnos se omitían en explicitar su comprensión del problema, para nosotros saber si había a partir de la comprensión del loop un dominio y comprensión más amplia de las transformaciones energéticas en la generación hidroeléctrica.

A nuestro ver, la idea de asociar la hidroeléctrica en diferentes períodos de sequía o de lluvia, el almacenamiento de energía mecánica en la represa para generar electricidad con el almacenamiento de energía mecánica en la esfera para efectuar el *loop*, se constituye en una buena estrategia para una comprensión inicial de las transformaciones de energía en la hidroeléctrica.

Conforme colocamos anteriormente, partimos en seguida a utilizar la **estrategia 2**, exponer la generación de energía eléctrica por inducción electromagnética. Colocando en funcionamiento el experimento de la mini-usina hidroeléctrica. Que mostraba el funcionamiento de la casa de fuerza a partir del chorro de agua (energía cinética) en el movimiento de la turbina conectada al generador. En este proceso de generación de electricidad era colocado en funcionamiento un circuito eléctrico con tres lámparas y un radio portátil. Un procedimiento importante era el de apagar y encender el circuito sucesivamente, para mostrar que un caso era la dificultad en mover la turbina y en el otro era diferente. Oportunidad en que introducíamos el teorema o proposición de la ley de Lenz. Otros sistemas expuestos a la manivela eran accionados para generar energía eléctrica en el accionamiento de diferentes circuitos. Momento en que era observada manualmente la diferencia en el trabajo de movimiento a manivela en función de la cantidad de energía eléctrica generada en el tiempo. Que buscamos relacionar en el circuito el concepto de potencia eléctrica necesaria a su funcionamiento y la propia relación entre energía y potencia. Al final de este proceso de observación e interacción de los alumnos con preguntas que iban surgiendo, discutimos ligeramente todo el procedimiento conceptual de la generación por inducción (previsto en la **estrategia 2**). Esta etapa fue concluida presentando el funcionamiento de la maqueta de la hidroeléctrica. Que muestra la movilización, caída, y secuencia de agua río abajo e ilustración de los procesos de transmisión de la casa de fuerza, central generadora, para subestaciones de alimentación resultando en la secuencia, en la alimentación de la luz en una ciudad. La mayoría de los alumnos acompañaron con atención esta etapa y algunos de ellos buscando dar

contribuciones, haciendo preguntas al especialista de la exposición o buscando interactuar con el profesor que acompañaba nuestras acciones en la presentación de la exposición.

Sabíamos que, por las dificultades encontradas en el período de revisión-preparación para la primera visita, la mayoría de ese grupo, no se encontraba debidamente capacitada para actuar con contribuciones relevantes, en las intervenciones que iríamos a provocar durante la exposición. Podemos expresar que, en esta primera visita, la mayoría de los alumnos presentes, confirmaron no haber alcanzado aún una base de conocimientos previos en conceptos, procedimientos y actitudes necesarios a la interpretación y comunicación frente al hecho científico expuesto. De forma que, no pudieron interactuar de forma adecuada con la nueva información de enseñanza-aprendizaje que estábamos buscando disponibilidad. Inclusive sabiendo que existían dificultades, buscamos provocar una predisposición para el análisis del fenómeno, como punto de partida, un despertar para algunas ideas más elementares, dentro de lo que sea posible hacer en este momento. Para dar más tiempo al aprendizaje escolar y en el retorno a la próxima visita, puedan interactuar más e ir mostrando más facilidades en cuestionar y expresarse frente a los experimentos.

La composición con la escuela en cuestiones y problemas oriundos de los experimentos requería para la solución, el conocimiento de la nueva información que quedaba en la dependencia de la amplitud de ideas básicas disponibles en la estructura cognitiva del alumno (que era esperado que pudiese ocurrir en la acción del profesor en la escuela). Para haber aprendizaje bajo el punto de vista cognitivista, necesitaba haber en la estructura cognitiva una organización e integración de carácter personal del material de enseñanza propuesta. La mejor manera de trabajar la programación durante la visita, fue utilizando aprendizaje receptivo (No siendo simplemente presentado al alumno el contenido, sino siendo buscada una interacción con el contenido de la colección), A pesar de que provocamos la participación del alumno, cabía a él, relacionar activa y significativamente este contenido a aspectos relevantes del conocimiento contenido en su estructura cognitiva. Sin embargo, la interacción que proporcionábamos al alumno con la colección, en algunos momentos de la visita, podrían estar llevando a la ocurrencia de aprendizaje por descubierta. Sin embargo, delante de las dificultades para una asimilación más elaborada, por lo que fue posible acompañar, la descubierta ocurrió apenas en algunos aspectos más conectados a la naturaleza técnica en hechos que envolvían principalmente las transformaciones de energía. Vale observar que, la teoría ausubeliana admite la ocurrencia de significados, aún sin haber sido asimilados, a aspectos relevantes contenidos en la

estructura cognitiva (que podrían traer significados más amplios). Una vez que, el aprendizaje por recepción, a pesar de ser fenomenológicamente más simple que la descubierta, emerge en el nivel más avanzado del desarrollo cognitivo del alumno (que en la fase de preparación en la escuela no le llevo al alumno a esta aptitud).

Entre las ideas más elementares estaba el análisis de las transformaciones de energía mecánica. Teníamos la energía mecánica hasta entonces, como punto de partida para toda la generación de electricidad, hasta aquí mostrada. Buscábamos en estas identificaciones y transformaciones de energía efectuar una asociación con el trabajo, que estaba siendo realizado. En este proceso de abordaje para la comprensión de los fenómenos, era importante que los alumnos fuesen adquiriendo habilidad, en utilizar nuestra proposición más general e inclusiva: la ley de conservación de energía. Los alumnos en las transformaciones de energía necesitaban incorporar a las pérdidas, una comprensión que necesitaba aparecer, era que todo proceso y transformación de una forma de energía para otra envolvía perdidas y necesitaban encontrar otras formas de energías desarrolladas. Buscábamos colocar en la estrategia utilizada, los argumentos que fuesen posibles en la aceptación de ese hecho. A pesar de las dificultades creíamos en nuestros argumentos estratégicos y en las potencialidades de los experimentos utilizados. Sin embargo, aún delante del más interesado en interactuar haciendo preguntas a la contribución que conseguíamos era muy poca. Probablemente, los subsunsores no eran adecuados para una incorporación inicial de algunas ideas colocadas. Lo que no atendía a un presupuesto básico de la teoría ausubeliana: *referente a lo que aprendimos a partir de lo que ya sabemos*. Probablemente faltaban competencias y habilidades al desarrollo de esquemas y uso de relaciones frente a una base de conocimiento que también debería aún no ser adecuada a la retención significativa de la ciencia. Cuando faltan elementos en la estructura cognitiva para atribuir significados científicos, necesitamos estimular a los alumnos a colocar su comprensión, sus dudas sobre el fenómeno expuesto para poder utilizar **el principio del aprendizaje por el error**. También era mostrado, faltar habilidades en el dominio del lenguaje para expresarse, contrariando **el principio del conocimiento como lenguaje**. En aquel momento, no se conseguía expresarse adecuadamente.

Como ejemplo de dificultades/limitaciones observadas: cuando interrogábamos sobre el trabajo realizado para el accionamiento de la manivela del generador a veces en circuito abierto y otras cerrado, existirán las siguientes intervenciones: *cuando enciende queda pesado y cuando se apaga queda leve* (La colocación, a pesar de estar correcta es

pobre en lenguaje y fue provocada por descubierta delante de lo que fue sentido empíricamente)...*la naturaleza no nos da para nosotros, la energía eléctrica gratis* (una idea, a nuestro ver, racional delante de lo que estaban experimentando). Los alumnos conseguirán tener la comprensión, en atribuir la necesidad de la energía mecánica como fuente primaria, para provocar la inducción, inclusive sin tener aún una noción de como es provocado el fenómeno (asociado a la ley de Faraday-Lenz) y probablemente sin asociar a la eficiencia con que ocurren las transformaciones y la conservación de la energía.

El experimento de la termoeléctrica fue presentado en la secuencia de esta estrategia. Fue colocado en nuestra programación por su importancia en la generación de energía eléctrica por inducción magnética para consumo. Y también para mostrar que en nuestro contexto de producción de electricidad por inducción, en grande escala, ni siempre tenemos disponible en la naturaleza una cantidad de energía mecánica concentrada, para servir como fuente primaria para realizar el trabajo para accionar el generador. De ahí era justificada la necesidad de recurrir a fuentes que utilicen la energía térmica por combustión para provocar la transmisión de calor por convecciones y generar la energía mecánica (como ocurre en una máquina térmica), que irá a causar el funcionamiento en el generador. Los alumnos observaban el vapor de agua accionando el pistón asociado al movimiento de la manivela (que realizaba trabajo mecánico) y siendo lo restante descargado en la atmosfera. La función de la termoeléctrica en la intermediación de la energía mecánica no queda clara inicialmente para muchos alumnos, que efectuaban una relación directa de lo térmico para lo eléctrico, utilizando un modelo mental más económico. Sin embargo observando los detalles del funcionamiento del sistema, era observada la función intermediaria de la manivela movida por la transmisión de calor.

Creemos que, por lo menos, en aquel momento, para los que se interesaran en observar el experimento que, durante el diálogo que allí estaba siendo promovido había una comprensión de la existencia de dos etapas en las relaciones de transformación de energía (La transferencia de calor produciendo trabajo mecánico y este, por su vez, generando energía eléctrica por inducción magnética). Como información adicional colocaba que la baja eficiencia en la generación de las termoeléctricas se relacionaba a una pequeña cantidad de trabajo mecánico producido en la máquina térmica. Debido a que, la mayor parte del calor producido ser expulsada para el medio ambiente (reservatorio de calor frio). Las termoeléctricas presentan una baja eficiencia, comparado con las hidroeléctricas, por esas envolver apenas, la realización de trabajo mecánico en la generación de la energía

eléctrica (presentan como fuente de energía la energía mecánica, única fuente primaria de energía que todo generador por inducción magnética requiere). En la opción tecnológica por las termoeléctricas, buscamos asociar una cuestión ambientalista, de que, como máquinas accionadas por combustión, descargan gases en la atmósfera, las mismas contribuyen en el calentamiento global. En este aspecto los alumnos se muestran más receptivos y hasta conocedores de algunos hechos para discutir y formular ideas sobre la cuestión.

Dentro de los aspectos relacionados a la interpretación por la descripción por la Física, hacíamos lo que era posible. Los alumnos a pesar de resistir en efectuar colocaciones y cuestionamientos relevantes para registros parecían empezar a tener una consciencia de la importante función de la energía mecánica o del trabajo mecánico en la generación de electricidad. Afirmamos eso, mucho más por lo que ellos dejaban a entender por gestos y expresiones, de lo que pasaban por intervenciones en el diálogo que buscábamos provocar. Creemos que debido a las evidencias presentadas por los experimentos, que los alumnos iniciaban un proceso de comprensión de las relaciones de transformación, a pesar de no sentirse a gusto, para actitudes en que explicitasen su involucramiento, probablemente porque les falta aún habilidades en procedimientos, códigos y lenguajes para atender no solamente al *principio del lenguaje como conocimiento*, como también a la condición establecida por el *principio del aprendizaje perceptores/representadores* en el ejercicio de la comunicación y cuestionamiento con los fenómenos, a las que no estaban habituados. Así mismo delante de todas las dificultades que iban siendo observadas, el aprendiz necesitaba ser mirado y estimulado a ser actuante. Llevando en cuenta el hecho que, toda la información que se recibe demostrando atención e interés para percibir, el consigue representar (desarrollar modelos mentales). Delante de la ausencia de un conocimiento previo adecuado y de la falta de habilidades en procedimientos y lenguaje, la fuente primaria de percepción para un aprendiz interesado, sería efectuar asociaciones que puedan recursivamente ir trayendo funcionalidad al modelo; y al mismo tiempo desarrollar las habilidades necesarias para expresar su conocimiento.

Después, del trabajo con la termoeléctrica, dimos un intervalo para un bocadillo en el patio externo, y al mismo tiempo buscamos llevar a los alumnos para los experimentos constantes en este local. Momento en que presentamos el funcionamiento de la célula solar (el efecto fotovoltaico) constante de nuestra **estrategia 4**. Los alumnos que ya conocían esta alternativa energética cuando indagamos preguntando ¿De qué se trataba aquel

experimento? respondieron: *se trataba de las células solares*. Iniciamos colocando como una alternativa de generación de energía eléctrica relacionado a otro fenómeno de otra naturaleza física, denominado de efecto fotovoltaico. Disponíamos para la exposición de dos células: una menor en manoseo para el movimiento de un carrito accionado a motor eléctrico; y otra mayor, fijada con ajuste para estar dispuesto frontalmente a irradiación solar. Esa célula era usada para alimentar la recarga de una batería, y también se encontraba disponible para ser conectada a un circuito, que continua un ventilador y una asociación de pequeñas lámparas de filamento. Pusimos el experimento en práctica con la intención de mostrar el circuito en funcionamiento, para después tratar de la potencia eléctrica generada buscando una relación con la intensidad de información solar. Los alumnos acompañaban atentos con algunos moviendo la posición de la placa en relación a la luz solar directa para observar esta asociación al mejor o peor funcionamiento de los componentes del circuito. Una situación que estaba siendo vivida en la práctica, para que quede claro para ellos que existía una relación directa entre la potencia de la luz solar incidente con la potencia eléctrica fornecida al circuito. Buscamos también relacionar las limitaciones de potencia condicionada por la cantidad de componentes que iban siendo puestos en uso simultáneamente en el circuito.

Por los comentarios que en aquel momento eran efectuados, algunos alumnos mostraban una comprensión más clara, para las consideraciones referentes a las relaciones de transformación de energía y para algunos detalles técnicos sobre la disponibilidad de potencia (un concepto que en aquel momento, estaba siendo trabajado). Una vez que, cuando argumentados sobre las energías desarrolladas en el proceso respondían mostrando tener la comprensión e identificar que: *la fuente de energía primaria en la célula, es energía solar y la energía secundaria es eléctrica*. Mismo sin conocer como era efectuada internamente el fenómeno de transformación en la célula. Por su vez, en el sistema experimental de la célula solar de mayor potencia, utilizamos asociada al circuito eléctrico ahí existente, una batería eléctrica de automóvil (otra fuente de generación de energía eléctrica). Los alumnos observaban inicialmente sin tener una noción definida de la función de la batería. Lo que percibían es que la batería también podría alimentar aquel circuito. Hecho que empezó a dejar una duda entre los alumnos participantes, sobre cuál de las fuentes estaría alimentando el circuito! Una situación previsible, pero que nos causó sorpresa.

Los alumnos mostraron que hasta aquel momento no tenían la comprensión clara de cómo el circuito estaba montado y cual de las fuentes generadoras alimentaba el circuito, a pesar de informar inicialmente que era la célula solar. Fue cuando pasamos a mostrar en la práctica las conexiones de los interruptores que accionaban o aislaban las conexiones entre célula solar, batería y circuito eléctrico. Independiente de que llave estaba conectada para accionar el circuito, la célula o la batería, llevamos los alumnos a explorar algún procedimiento técnico, que lleve a tener certeza sobre qué fuente alimentaba el circuito en aquel momento o si ambas fuentes alimentaban! No habiendo respuesta en aquella situación, sin la pretensión de que perciban inicialmente nuestra intención, fue colocado un libro sobre la célula, y después retirado, y le preguntamos: ¿Porqué los componentes del circuito pararon y después volvieron a funcionar? Fue cuando se dieron cuenta, y percibieron del procedimiento más simple que podrían haber utilizado para resolver el problema.

En seguida también perseveran, cuando la batería cargada alimentaba el circuito, lo mismo no sufría, en las alteraciones mostradas con la intensidad luminosa de las lámparas ni en la rotación de las hélices del ventilador. Con la interacción en este experimento aparecían situaciones que mostraban despertar intereses, y predisposición para comprensión, como por ejemplo: "*Caramba!* *desligando las lámparas aumenta la rotación del ventilador... y cuando encienden las lámparas el ventilador queda más lento...*(una limitación de la célula causada por la irradiación solar que recibía, que necesitaba ser justificada físicamente). Mientras tanto ya era visible que los puntos, eran más de naturaleza técnica que de descripción científica que estaban siendo registrados, causaban una mayor atención y un mayor involucramiento del alumno en su participación para la comprensión del fenómeno. Una vez que los mismos exigían apenas algunos procedimientos empíricos de razones más concretas.

Otro momento favorable de curiosidad, con el efecto fotovoltaico ocurrió, cuando dispusimos la célula solar menor conectada por una extensión de hilos eléctricos para accionar el motor de un pequeño coche eléctrico. En este procedimiento los alumnos tenían que caminar agarrando la célula dispuesta a la irradiación solar, atrás del automóvil en movimiento. Los alumnos, al mismo tiempo, relajadamente se divertían y argumentaban: *¿Cuál sería el tamaño de una célula solar para accionar un automóvil convencional?* En nuestra situación experimental la célula utilizada tenía una superficie que era mayor que la superficie del coche utilizado! Para contestar esta cuestión, buscamos asociar un valor típico

en porcentaje, entre 10 a 15 %, de la pequeña eficiencia, con que la célula envuelta conseguía convertir energía solar en energía eléctrica. Complementando este punto colocaba que, esa era la razón de exigir, mucha área de captación de la radiación solar para obtener energía eléctrica en mayor potencia. Otro cuestionamiento fue: ¿Cuál sería el costo de estas células, para alimentar solita, toda una residencia? Vale aquí una observación que, hasta este momento, la casa ecológica en proceso de construcción en la Usina Ciencia, no estaba lista para traer más subsidios a este tipo de cuestionamiento. Los alumnos a pesar de interactuar con más intervenciones, muchos de ellos, aun se mostraban mucho más como apreciadores, de que como interventores. Los alumnos también buscaban mostrar, conocer informaciones sobre otros mecanismos de tecnologías que veían hablar por la divulgación en los medios de comunicación. Como en el caso de los motores eléctricos que estaban siendo desarrollados por la Fiat. El sistema de accionamiento magnético que estaba siendo desarrollado para el sistema de freno de los automóviles. En función de esas situaciones que ellos presentaban, oportunamente pregunte: ¿Os interesáis por eso? Contestaron que sí! ¿Qué pensáis de la escuela no trabajar con estos temas de intereses de vosotros? Respondió un alumno: *creo que debería ser la profundización, mucho más en la escuela, con las noticias de interés, que llegan por los medios de comunicación.* Observé para ellos: ¿No estamos buscando en este momento aquí hacer esto, en cooperación con la escuela? Como no existió polémica en relación a esta cuestión, estaba en la hora de encerrar esa actividad con la célula solar en el patio externo, para volver a la sala de energía, una vez que, ya había transcurrido hasta este momento, 55 minutos de la visita.

En la sala de energía continuamos las observaciones y discusiones relativas a la **estrategia 4**, sobre el funcionamiento de la célula solar, con la luz artificial disponible en el interior de la sala. Dónde los alumnos tuvieron la oportunidad de observar, por ejemplo, en el voltímetro, las variaciones de la tensión eléctrica y en el amperímetro, las variaciones de la corriente eléctrica, en función de la variación de la intensidad de luz, para sacar algunas dudas relativas a variaciones de la potencia eléctrica de la célula. Pasamos en seguida, a abrir un paréntesis en la **estrategia 4** que veníamos trabajando, para concentrar la atención del grupo, en discutir y evaluar, preguntamos: ¿Cuál es el concepto que tienen sobre energía? Complementaba ¿Es algo material como una substancia, u otra cosa que se puede extraer de la materia? y ¿Los combustibles son energías o fuentes de energía? Delante de estos interrogantes algunos alumnos más determinados a contestar, colocaron que: *la energía no era una substancia... no era algo material...era algo que estaba instalado dentro de la substancia.* Satisfecho y hasta de cierto modo admirado con la respuesta (inclusive ya

habiendo discutido con el profesor antes, sobre las dificultades relativas al concepto de energía que los alumnos encuentran y la cual se encuentra registrada en algunos trabajos utilizados en la referencia bibliográfica de esta investigación). A pesar de las dificultades que veníamos teniendo en formar ideas dentro del contenido trabajado, si los alumnos acostumbran materializar la energía, tratando como una sustancia, inclusive cuando efectúan relaciones de transformación adecuadas y utilizan sus leyes correctamente, esta característica de colocar la energía como sustancia, no quedó caracterizada en este momento inicial de la visita. En verdad estamos buscando siempre en nuestras colocaciones tener el cuidado de colocar razones abstractas al concepto de energía.

No que fue posible extraer de las colocaciones efectuadas por los alumnos, en esta concepción, quedó demostrado existir aún una actitud de inhibición en el tratamiento del concepto de energía. Lo que caracteriza la ausencia de un dominio más amplio en procedimientos en el sentido de racionalizar ese concepto. Esa dificultad, sin embargo, no fue mostrada, en razón de tener que tratar a la energía inicialmente como una sustancia.

A pesar de mi satisfacción, con la posición inicial asumida por los alumnos, buscamos recorrer al experimento asociado a la **estrategia 1**, denominado de Esferas de Newton, fuera del recorte considerado (una asociación de cinco esferas en contacto una libre da otra). La idea era mostrar que en la colisión, de la primera esfera libre se transmite energía de movimiento para la esfera vecina, y en la sucesión para las demás, hasta la última esfera libre, sin que en ningún momento, sea observado, estar habiendo transporte de materia (transferencia de esfera de un lugar para otro). Aprovechamos la oportunidad para asociar que la transmisión de calor por conducción estaba inserida en lo que fue mostrado (transmisión de energía cinética). La estrategia utilizada, ahora tenía un propósito más amplio, que era usar lo que fuese posible experimentalmente, para auxiliar en la concepción que los alumnos necesitaban desarrollar sobre energía. Una vez que el profesor que venía acompañando nuestras acciones, con más tiempo en la escuela, podría dar continuidad envolviendo más detalles entre las diferentes formas que aparecían de transformaciones de energía en los diferentes fenómenos que estábamos mostrando.

La mayoría de los alumnos hasta aquel momento, acompañaba la exposición sin tejer mayores comentarios. Creemos por la expresión facial de algunos alumnos, que a pesar de no haberse manifestado oralmente, estaban consiguiendo efectuar algunas asociaciones con base en los argumentos colocados para justificar los hechos. Mientras tanto la propuesta de nuestra programación, era la de que, la presentación y discusiones de los experimentos

tuviesen inicio en la visita, y fuesen más trabajadas en su amplitud progresivamente en la escuela (hasta en razón de revertir las dificultades iniciales mostradas para enfrentar este tema). Esta amplitud en muchos aspectos iba a incorporar asuntos contenidos en la programación tradicional escolar, que tendrían que ser presentados en otra secuencia y mostrar otra funcionalidad. Como en el caso del tratamiento de especificidades relativas a la asociación de resistores en los circuitos eléctricos, que ahora estaría centrada en otro tipo de abordaje que promueve los aspectos relacionados al tema energía y a la generación de electricidad.

Pasamos después a tratar de la generación electroquímica de las pilas, también constante de nuestra **estrategia 4**. En nuestro abordaje del experimento, iniciamos por el contexto histórico considerando que la situación allí tratada del fenómeno, tenía relación con las primeras pilas inventadas, haciendo una alusión a la pila de Volta. Algunos alumnos observaron el fenómeno de generación de electricidad a partir de la corriente eléctrica que aparecía en un amperímetro conectado a los electrodos. Colocando y retirando los electrodos de la solución ácida, observaron con curiosidad las variaciones de corriente que mostraba una relación con el área de los electrodos inmersa. Mientras tanto, no efectuaran ningún comentario relevante, ni se mostraron admirados sobre este hecho. Parecían dejar entender que, para ellos, no había ninguna novedad en la observación del fenómeno. En la secuencia de nuestros cuestionamientos, cuando le preguntamos sobre cómo era producida la energía eléctrica en la pila, no mostraron intención de posicionarse. Era nuestra función buscar una justificativa negociada de lo que ocurría en la placa de zinc y en la placa de cobre cuando inmersas simultáneamente en solución ácida. Dónde buscábamos justificar el fenómeno por la reacción química que ocurría de forma diferenciada: por oxidación en el cobre que se electriza positivamente y por reducción en el zinc que se electriza negativamente (normalmente este contenido es abordado en la asignatura de Química). Mientras tanto, en la perspectiva de la divulgación científica de los centros y museo de ciencias, muchas veces, es necesario incorporar diferentes áreas tradicionales de estudio para la comprensión de cierto tema.

Nuestra intención como ya nos referimos a los experimentos de la **estrategia 4**, era el de efectuar relaciones entre los experimentos de la pila y de la célula solar, buscando estimular un mayor interés, por las diferencias y similitud presentadas por estas dos fuentes generadoras en la exposición. Proponemos entonces que los alumnos efectúen una analogía entre la generación fotovoltaica y la generación electroquímica. Ya habíamos mostrado una

similitud, en el hecho de que ambos son generados de energía eléctrica en corriente continua. Así, proponíamos que busquen establecer una relación, entre los dos fenómenos diferenciados en los contenidos, en una misma estrategia. Momento en que cuestionamos sobre los siguientes tópicos: ¿asocie lo que desempeña en la pila, la función de la luz en la célula solar? Con algunas negociaciones en el diálogo que mantuvimos pudieron llegar a la conclusión que, se trataba de la solución acida. Otra relación analógica solicitada fue, ¿Qué es lo que desempeña, en la célula solar el papel de las placas de zinc y cobre en las pilas? Como hasta este momento sólo habíamos tratado en la programación el efecto fotovoltaico en sus aspectos generales, la intención de la pregunta fue más en razón de despertar para el hecho. De que obtener una respuesta satisfactoria en aquella oportunidad. Era necesario provocar el interés con ¿Cómo la placa solar se electriza a partir da incidencia de luz? Hablamos ligeramente que estas placas son compuestas de una unión de dos semiconductores, una junción p-n, con las mismas características de los diodos de los circuitos electrónicos. En estas uniones del material semiconductor tipo-n con el tipo-p se utiliza una larga área de la junción p-n para ser sometida a la irradiación solar. Con el semiconductor tipo-n teniendo la facilidad de conducir por la migración de electrones, mientras que el otro de tipo-p teniendo la facilidad de conducir por la ausencia de electrones. Esta característica opuesta al unirse, provocaba espontáneamente el pasaje de electrones de una región para la otra. Como inicialmente estos materiales se encontraban eléctricamente neutros, la salida de electros de una región provoca una electrización positiva y la llegada de electrones en la otra región, provoca una electrización negativa. Como el fenómeno de migración espontánea, es un proceso muy lento, él necesita ser estimulado por la incidencia de fotones de luz, para tener su utilización como generadores de electricidad. Con la misma función que la luz tiene en el efecto fotovoltaico, en el efecto electroquímico, la reacción ácida de oxi-reducción, efectúa la electrización de los electrodos de la pila.

Así las junciones p-n de las células solares desempeñan el mismo papel de las placas de zinc y cobre en las pilas. El funcionamiento de la junción p-n electrizada por la incidencia de luz, provoca la generación de energía potencial eléctrica del mismo modo, que la reacción química mantiene la electrización en las placas de zinc y cobre en las pilas, provocando la producción de energía potencial eléctrica. Los alumnos no hicieron ningún comentario relevante que mostrase la comprensión que habían tenido con nuestras colocaciones de los fundamentos teóricos inherentes a cada experimento de la **estrategia 4**. Mientras tanto, sabíamos que estábamos en un punto crítico de la fundamentación teórica

delante de las dificultades traídas y no podíamos ir más lejos a la conceptualización (en general, no es objetivo de la exposición científica del museo, exhibirse mucho en la descripción de los fenómenos). Creíamos, sin embargo que, las ideas colocadas brevemente, asociadas a los fenómenos observados, facilitarían la profundización de la cuestión para una mejor comprensión con más tiempo en la escuela.

Pasamos en seguida a efectuar una recapitulación buscando unificar las estrategias en lo que denominamos de **clase de situación 1**, cuyo énfasis es en tratar las tres fuentes de generación de energía eléctrica para consumo. Buscando diferenciar el fenómeno de inducción en la generación de energía para producir corriente alternada, de la generación de energía en corriente continua producida en la generación electroquímica y fotovoltaica. También en esta recapitulación unificada de las estrategias, la naturaleza abstracta e inmaterial de energía fue bastante enfatizada. En esa oportunidad, fue colocada para los alumnos que la energía no es algo material, lo que vimos en las “Esferas de Newton”, que la energía cinética se transmitió entre las esferas intermediarias estacionarias sin transmitir materia. Un argumento que también asociábamos a la transmisión de calor por conducción. Este argumento parecía haber sido comprendido por la postura mostrada por los alumnos. Lo que puede demostrar la importancia de la actividad experimental en el sentido de llevar la racionalidad del alumno a algo considerado como una abstracción conceptual teórica.

Colocamos de nuevo el problema de la transformación de energía en la hidroeléctrica, asociando en la maqueta, el agua represada en reposo, siendo caracterizada como la fuente de energía potencial gravitacional. Preguntaba para los alumnos problematizando: ¿era la energía potencial gravitacional almacenada en el lago, fuente primaria?, es decir, ¿Sería este tipo de energía mecánica que va a generar energía eléctrica directamente en las palas de la turbina (rodete) de la hidroeléctrica? Los alumnos que ya habían acompañado la exposición de la mini hidroeléctrica, contestaron que: *no*. En la continuidad de la respuesta, argumentaban que: *antes iba a existir la transformación de energía potencial en energía cinética*. En este caso, queremos observar que, en el período de revisión, en el cuestionario descriptivo aplicado ya habían tenido la oportunidad de posicionarse sobre esta cuestión de la hidroeléctrica. Es probable que muchos alumnos que habían respondido favorablemente esta cuestión, hubieran hecho una asociación de las discusiones actuales sobre el asunto con lo que ocurrió en el aula, en el período de revisión.

En la continuidad de nuestra exposición, nos referimos a una visita que habíamos hecho recientemente a la hidroeléctrica de Xingo (ubicada en el noreste brasileño).

Buscando pasar para ellos, algunas características técnicas de la altura de la represa en relación a la casa de fuerza, entre otras cuestiones. Fue de esa conversación que sucedió la indagación de un alumno del grupo: *¿Cómo se repone el agua del río?* Cuando entonces indagué, transfiriendo la pregunta para todo el grupo: *¿Quién produce el ciclo hídrico de los ríos?* Los alumnos contestaron, mostrando tener una comprensión del ciclo del agua. Consideraron la formación de nubes, la lluvia, hasta el punto en que el agua se encontraba de vuelta a la represa. Entramos de ahí, en el problema relativo al medio ambiente que podría provocar mudanzas en el ciclo hídrico que alimenta el agua de río en su nacimiento. Efectuamos una breve discusión sobre los períodos de sequía, donde, en la hidroeléctrica falta la energía primaria, para la generación de electricidad. Pasamos luego, a hacer una referencia también a los ríos periódicos en las regiones nordestinas brasileñas de yermo (“*sertão*”), donde esos ríos sólo tienen agua en la época de lluvia, en la sequía se vuelve desierta, el curso de esos ríos quedan completamente vacíos. Los alumnos colocaron, la cuestión de la transposición del río San Francisco, un programa gubernamental de canalizar agua del río, para regiones con muy poca precipitación de lluvias. Estamos de nuevo registrando estos aspectos periféricos, en las cuestiones técnico-científicas de nuestro recorte, para mostrar que existían iniciativas y predisposición de los alumnos en las cuestiones de naturaleza contextual relacionadas a la generación de energía eléctrica. En una propuesta de alfabetización científica, este conocimiento nuevo, emergente de las discusiones, dentro del tema, no puede ser dejado de lado. Por su vez, de nuevo frente a estos contenidos contextuales explorados por los medios de comunicación, donde se revela cierta base mayor de conocimientos y lenguajes para discusiones con una mayor fluencia en la participación de los alumnos.

Así tenemos que registrar que, la grande dificultad era con los aspectos científicos referentes a la Física en cuestión. Vemos así que, en la perspectiva **CTS** de enseñanza, se sentían bien más a gusto, en efectuar colocaciones delante de las cuestiones referentes a la tecnología y sociedad de lo que en la justificativa científica para los hechos. A nuestro ver, la misma predisposición no ocurría, en razón de la no existencia de una base directamente conectada a los fenómenos físicos, asociados a la generación de electricidad. Que con eso deben pasar a ser el motivo mayor de nuestra preocupación frente a la programación. Este comportamiento de los alumnos muestra que el mayor problema de tratar, sobre la generación de energía con ellos, no es el contexto socioeconómico, es la propia Física! La gran dificultad se encuentra en la complejidad de lo real para el dominio técnico-científico de la transformación energética que estamos explorando. Lo que exigió que trabajásemos

más encima de las complejidades, de lo real para intentar llevar a estos alumnos, a obtener cierto dominio de este tema en el estudio.

En seguida pasamos para la fase final de esta visita, dónde utilizamos la **estrategia 5**, con el experimento del generador electrostático. Colocábamos para los alumnos, que se trataba de una forma de generación de energía eléctrica, en uso para el consumo. En que ocurren diferentes formas de electrización (asunto que los alumnos habían estudiado unos meses atrás en el estudio de la electrostática, que normalmente es destacado por la programación tradicional). La colocación de no ser utilizada como fuente para consumo de energía eléctrica, llamo la atención de los alumnos! Lo que buscamos brevemente justificar en razón de la baja potencia que estos generadores producen para alimentar circuitos eléctricos, cuyo funcionamiento de sus componentes necesita de mucho más potencia (de nuevo estábamos explorando el concepto de potencia). Entre otras razones relacionadas al peligro que podría causar a los usuarios por la dificultad en el aislamiento eléctrico provocada por la alta tensión producida. Hecho que también inviabilizaría esta forma de generación para el consumo, conforme íbamos a mostrar, cuando coloquemos el generador en funcionamiento. Fue informado para el grupo (que ya se encontraba muy preocupado, en encender de inmediato, el aparato), que hasta el presente momento de la visita, habíamos tratado de fenómenos relacionados a la producción de energía eléctrica, que utilizamos para el consumo en nuestro contexto de vida.

Era importante situar para los alumnos que, el generador electrostático es una forma de generación de electricidad que se encuentra dentro de otro contexto de la vida, en el sentido, que a través de eso, podemos explorar algunos fenómenos electrostáticos, incluyendo la electricidad en la atmosfera. De forma que, con el generador en funcionamiento, mostramos por las descargas eléctricas producidas lo que ocurre en nuestra atmosfera en días de tempestades (como los rayos que surgen de las descargas eléctricas), entre otras situaciones provocadas por la alta concentración de carga que estábamos generando. Después de la grande euforia y agitación del grupo frente a los fenómenos mostrados, interrumpimos el funcionamiento, para colocar que, el profesor en la escuela en el primer semestre del año, trató bastante de los fenómenos relativos a la electrización a partir de la carga eléctrica, del campo eléctrico, y del potencial eléctrico. Los alumnos quedaron en silencio, dando la impresión de no querer mantener un diálogo, sobre lo que habían asimilado en las clases sobre electrostática. Mientras tanto, era importante que efectuasen este recuerdo, delante de algunas asociaciones iniciales, que necesitaban hacer

que tuviese como base lo que habían estudiado en la escuela. No consiguiendo establecer este diálogo dimos continuidad a la exposición del generador según la **estrategia 5**.

Con el generador nuevamente en funcionamiento, como el mayor atractivo en comparación con los otros experimentos de la exposición, iba siendo mostrado erguido sobre los siguientes fenómenos: el va y viene de los hilos de algodón entre nuestro cuerpo y el generador; sobre el escalofrío de los pelos; sobre la descarga eléctrica; sobre el choque eléctrico ocurrido entre los alumnos, porque ellos están situados en las proximidades del generador; sobre la lámpara neón encendida aisladamente en el aire cuando está cerca del generador; entre otras situaciones de interés. Buscamos abreviadamente justificar los fenómenos dentro del enfoque establecido en nuestra programación y a partir del diálogo que era posible establecer. Los fenómenos allí mostrados eran una fuente de motivación y participación del grupo y queríamos sacar provecho de este hecho, traído por este experimento en especial. En la negociación de la participación, conseguimos que los alumnos explicitasen y eso fue un modelo negociado por la justificativa teórica, de los fenómenos que envolvían la atracción y repulsión entre cargas eléctricas. Mientras que, sobre el campo eléctrico, potencial eléctrico, descarga eléctrica y choque eléctrico, los alumnos se omitieron o no supieron posicionarse.

Vale como comentario final, reforzar las dificultades ya comentadas de los alumnos frente a los experimentos en esta primera visita. Lo que ocurrió: con relación a algunas especificidades inherentes a los procesos de transformación de energía; una dificultad en lidiar con los principios físicos (como el de la conservación y el de la eficiencia, como ocurre el proceso de transformación de energía). Dificultades justificadas principalmente por la falta de una base mínima de elementos conceptuales, habilidades en procedimientos y con el lenguaje. Eran elementos que necesitaban encontrarse sedimentados, para provocar más claramente la interpretación y la solución de los problemas en estudio. Por otro lado, cuando tratábamos de hechos relativos a los problemas, por el contexto técnico y social de las cuestiones contenidas en nuestra programación, la participación de los alumnos era bien más espontánea y provechosa, que cuando apenas envolvía el conocimiento físico. En el momento en que el fenómeno era tratado en su complejidad conceptual de la Física, fuera de cuestiones relativas al contexto social y tecnológico, como no existía una base (en conceptos, procedimientos y lenguaje), faltaba la afinidad con la nueva información que pueda llevar al tratamiento científico de la cuestión. Luego, el grupo escuchaba mucho más, para estar un poco a gusto en participar del diálogo, que estábamos provocando.

Resta observar en el retorno al aula, hasta que punto y en que nivel, en la relación profesor-alumno, va a efectuarse un estudio profundo, adecuado al dominio conceptual de los experimentos. Esperamos que en la escucha, la exposición del especialista y delante de los cuestionamientos efectuados, hayamos iniciado en la visita, un proceso interrogante entre interesados, que pueda llevar a retención conceptual progresiva. Que pueda estar formando elementos en la continuidad de la programación en la escuela, para dar sustentación a interpretaciones y la solución de cuestiones y problemas. Vamos a averiguar hasta que punto las discusiones iniciadas en esta visita, tendrán una adecuada continuidad en el aula. Lo que venía a requerir una participación más expresiva de los alumnos, en una enseñanza por recepción que busque promover significados. Nuestra previsión es la de que, las tareas emprendidas frente a la exposición sirvan para una madurez conceptual progresiva en la escuela, para enfrentar con más participación y claridad los momentos potenciales de estímulos al aprendizaje que van a ser propiciados en la visita subsecuente.

Nuestra conclusión final sobre esta primera visita, es que la mayoría de los alumnos efectuaron una visita participativa, dentro de lo que era posible explorar de cada uno. La mayoría del grupo visitante mostró predisposición inicial en interactuar, observar los fenómenos, prestar la atención para las justificativas a los hechos. Mostrando una predisposición que precisa ser preservada en la secuencia. Es esperado de los interesados, delante de las dificultades, dos tipos de actitudes: una que el sistema de enseñanza los oriente para una mejor preparación, para ejercer una mayor participación frente a hechos nuevos; la otra que los mantenga en la acomodación de una capacidad limitada para ver hechos nuevos, pudiendo con eso sacarles la predisposición despertada para aprender, por que las dificultades no han sido bien conducidas posteriormente.

El resultado de la evaluación efectuada antes, fue confirmado durante la visita. La preparación de los alumnos no fue suficiente para un desempeño más adecuado. A nuestro ver, delante de las dificultades mostradas, faltó una mayor inversión de direccionamiento de la acción del profesor para la programación y en la carga horaria semanal de la asignatura. Una preparación más direccionada a la exposición en el aula, de naturaleza más fenomenológica de la descripción conceptual y con menos formalismo matemático, en nuestra visión, habría promovido más fundamentos teóricos y habilidades para la visita. Por lo que ya habíamos relatado en la preparación en el aula, para la visita ese cuidado no fue tomado por el profesor, ni una vez, en la mayoría de las veces, seguía el libro de texto adoptado.

Después de la primera visita, para un aprovechamiento más efectivo en la acción integrada de los experimentos de la exposición, en nuestras reuniones con el profesor, argumentamos que teníamos que establecer una metodología y una didáctica de enseñanza con más énfasis en la concepción y en la solución de problemas relativos a la exposición. Deberíamos así, dar continuidad a la programación, a partir de las estrategias didácticas utilizadas, que en la visita integran el contenido de diferentes áreas de Física. El profesor tenía la consciencia que el abordaje propuesto por nuestra programación, entra en choque con el abordaje tradicional, que, la mayoría de las veces, fue practicada por él en el aula. Existía la necesidad de la adquisición de un lenguaje científico, que exigía más lectura y que también estaría auxiliando en el desarrollo de habilidades cognitivas. Que posibiliten la elaboración de esquemas, procedimientos, la incorporación de conceptos y proposiciones que den cuenta de describir los fenómenos de la programación. Había material para lectura y una colección relativa a las ideas de Física, en la que un espacio de ciencia viva. Que estabamos disponiendo para que se vuelva un material potencialmente significativo para el alumno. Para que traiga un interés más amplio del alumno por la programación conjunta.

Como nos encontramos aún en la primera visita, cuidados tenían que ser tomados para atender a la dificultad mostrada, por buena parte de los alumnos que todavía no se encuentran en condiciones adecuadas para enfrentar las cuestiones y problemas que estabamos proponiendo. Buscábamos cobrar del profesor una actuación que pueda minimizar, los impactos que esa realidad podría causar a los objetivos de la cooperación. La acción integrada encontraba dificultades delante de dos realidades de enseñanza, que necesitan armonizarse para conseguir superar las dificultades dentro de lo que fuese posible hacer. Necesitábamos compatibilizar el proceso progresivo de discusión en el aula, con los momentos potenciales frente a la exposición, en la sucesión de visitas programadas. Teníamos que buscar obtener mejores resultados en el desempeño de estos alumnos y hacer todo lo que fuese posible. El profesor era conocedor de las dificultades de sus alumnos y de lo que estabamos proponiendo hacer a partir de la exposición. Con su participación en la visita, acompañó de cerca los procedimientos de la estrategia didáctica de abordar la exposición. Podría así, dar continuidad a los argumentos de nuestra programación, iniciados en esta primera visita, para envolver con la mayor disponibilidad de tiempo, que tenían los alumnos con el contenido de la acción integrada.

Quedó caracterizado que, al retorno de las clases en la escuela para desarrollar las actividades subsecuentes de la primera visita, sería necesaria una acción más efectiva

alrededor de la acción integrada. Debería haber el compromiso de buscar mejorar el perfil del alumno frente a nuestra programación. Sería necesario una mayor inversión de la escuela en nuestra programación didáctica que, posibilite en la próxima visita de los alumnos, actitudes, procedimientos con preguntas y respuestas más favorables que puedan mostrar una madurez progresiva frente al material propuesto para el aprendizaje.

### **5.2.6 Actividades del investigador/Especialista y del profesor en la Escuela después de la Primera Visita.**

Después de la primera visita buscamos acompañar el trabajo del profesor en la conceptualización y en la solución de los problemas relativos a los experimentos. También teníamos la pretensión de actuar en el aula, apenas en algunos momentos, a invitación del profesor, para participar de discusiones y efectuar actividades puntuales (ya que teníamos la pretensión de acompañar lo que ocurría en el aula, observando de fuera, aquel contexto científico-socio-cultural de enseñanza). A pesar de que, nuestra ida regular a la escuela, era para efectuar las evaluaciones escritas y entrevistas establecidas para el curso de esta investigación. En la acción integrada, el contenido en razón de las cuestiones y problemas nacidos en los experimentos iniciados por la visita a la exposición. La preocupación era la de que el profesor consiga trabajar en la escuela, las diferentes formas de producción de energía eléctrica (un asunto conectado al contenido de la escuela para la formación en aquella serie), y aún trabaje con las fuentes alternativas de energía para calentamiento, utilizando la energía solar. Contextualmente siendo la generación de energía eléctrica, un asunto de mayor interés para la sociedad, dentro de la programación en la escuela, sería importante que se busque enfatizar las fuentes de generación, en orden decreciente de su importancia para el consumo (un procedimiento que efectuábamos en la sala de energía). En razón de esto, el trabajo de coordinación de la programación con el profesor recomendaba que, la energía eléctrica producida por inducción electromagnética se constituya en nuestra primera prioridad de abordaje.

El profesor que acompañó nuestra estrategia de exposición, sabía que en su programación debería explorar las diferentes fuentes de energía primaria para generación eléctrica por inducción, como: la térmica, hídrica, eólica, etc. Con el mayor tiempo disponible podría caracterizar el fenómeno de inducción, introduciendo los conceptos de campo eléctrico, magnético y las proposiciones contenidas en la ley de Faraday y en la ley

de Lenz (estando la ley de conservación y la ley que regula el sentido y la eficiencia con que ocurren los procesos de transformación subyacentes a todo eso). En seguida se pasaba a tratar de la energía eléctrica de las pilas y baterías, a partir de las reacciones químicas y finalmente el efecto fotovoltaico (que era colocado como una fuente de energía promisoro para el futuro). En este sentido la nueva información iba siendo mostrada, en conceptos y proposiciones en un abordaje que procuraba situarse, dentro de las estrategias didácticas de la presentación de la programación. A pesar de la energía ser un concepto abstracto, durante la visita a la exposición de los alumnos, el profesor observó que, buscamos abrir caminos que resuelvan algunas complejidades asimilativas frente a ese concepto. Mostramos que de alguna forma, los experimentos, podrían dar algún auxilio en el sentido de conceptualizar la energía sin la necesidad de materializarla. El ejemplo explorado con esta finalidad, trató de la transmisión de energía cinética, que estuvo presente en algunos procesos de transformación, de una forma de energía (primaria) para otra forma de energía secundaria o energía útil. La intención de las estrategias utilizadas en nuestra exposición, era de buscar que los alumnos delante de una enseñanza receptiva e interactiva puedan ir desarrollando esquemas de asimilación en que consiga desarrollar procedimientos y actitudes apropiadas al dominio del campo en estudio.

En el proceso enseñanza-aprendizaje teníamos preocupaciones de naturaleza didáctico-psicológica, que se relacionaban a las dificultades que los alumnos mostraban (La no existencia de subsunores adecuados). Por su vez, existía también la preocupación en acompañar los procedimientos, en la actuación del profesor que atienda lo que estaba programado. Esas preocupaciones venían en el sentido de observar, cómo el contenido sería enfocado, cual es la orientación del profesor junto a los alumnos, y cuanto tiempo sería desprendido de sus clases para dar continuidad a la enseñanza iniciada en la visita. Por ejemplo, siguiendo la línea de la estrategia didáctica que constantemente estamos buscando mostrar en esta descripción, con el mayor tiempo disponible en la escuela, el profesor podría utilizar la explicación de los fenómenos experimentados, dentro de un abordaje que pudiese envolver la historia y la epistemología de este conocimiento en la perspectiva técnico-científica. Había tiempo para que los alumnos recurran al material escrito adecuado, que fue fornecido en lenguaje simple y visando complementar el libro de texto (atendiendo al *principio de la no centralidad del libro texto*). La práctica de lectura de los alumnos iba a requerir cierta inversión de tiempo, para los estudios de ellos fuera de la escuela, en una clase extra. Algo fundamental para atender a las acciones que estábamos recomendando, que el profesor emprenda en el sentido de poder resolver algunas de las dificultades

asimilativas y procedimientos (Lo que iba a atender al *principio del conocimiento como lenguaje* y al *principio del aprendiz preceptor/representador*).

Descritos nuestros propósitos programáticos y nuestras preocupaciones en acompañar las acciones en el aula, vamos a pasar a describir lo que ocurrió en el campo de estudio en esta etapa.

Vale resaltar aquí una observación inicial en la apreciación del comportamiento del grupo, frente a las actividades hasta aquí desarrolladas, dónde en nuestra apreciación, algunos alumnos empezaban a presentar reflejos de falta de compromiso en la participación. Una vez que, de los treinta y seis integrantes del grupo, apenas veinte y seis fueron a la primera visita. La visita a la usina era programada previamente y existían dificultades en la disponibilidad del transporte (el autobús, que transportaría los alumnos). También la disponibilidad de la sala de exposición que, a pesar de estar priorizando ese trabajo, tenía compromisos con otras escuelas. Para resolver los problemas causados por la no frecuencia a la visita de los 10 alumnos ausentes. Sin embargo, supimos por intermedio del profesor que cierta parte de esos alumnos no frecuentaban regularmente a la escuela. Como tuvimos dificultades en marcar una nueva fecha de interés común que atienda la disponibilidad de todos los alumnos, la solución fue que, la integración efectiva de los ausentes con la programación, se daría a partir de la segunda visita. Que estaba programada para cuatro semanas después de la primera visita.

En una de nuestras intervenciones en la escuela programada por el profesor, colocamos para los alumnos del grupo, la necesidad de la práctica de lectura de los materiales que había dejado disponible. Cuando también tratamos de la posibilidad de la lectura del libro de nuestra autoría: *La Energía de los Tiempos Antiguos a los Días Actuales* (Ornellas, 2006). Que a pesar de ser un libro para la lectura propuesto para el profesor, colocamos que existían ciertas partes de interés, que se presentaban en un lenguaje accesible para el contacto directo de los alumnos. Hicimos un breve esclarecimiento sobre lo que trataba el libro, a partir de una síntesis que efectuamos, ya que el libro iniciaba mostrando una evolución histórica del concepto de energía, también procuraba efectuar la conceptualización de las grandezas físicas asociadas al tema, hacía un histórico de la evolución de los sistemas de unidades y referencia a las fuentes primarias y a las tecnologías asociadas en la utilización de la energía como un producto de consumo. En esta breve evolución del concepto de energía, hasta llegar a la energía como producto de consumo, se integran diferentes áreas de la Física con otras Ciencias. En este contexto van a aparecer

implicaciones económicas y ambientales, en la que el libro de forma simplificada efectúa algunas consideraciones. Comunicamos que habíamos dejado 10 volúmenes prestados con la coordinación de la escuela y que podían tener acceso a través del profesor del grupo. No hicimos ningún comentario sobre si el profesor utilizaría o no el libro, a pesar de haber un acuerdo con él, que proceda en ese propósito de abrir un espacio para tratar el tema en su perspectiva evolutiva. También para mostrar algunas conexiones entre la asignatura y las diferentes áreas de la Física (Lo que normalmente no era efectuado en la programación normal de la escuela).

En otra oportunidad fuimos a la escuela para hacer un comentario en el aula, relativo al desempeño del grupo en la respuesta al cuestionario de conceptualización. La idea fue la de comentar, como contestaron y como deberían haber respondido debido a los errores cometidos. En razón al desempeño insatisfactorio en este cuestionario, cobramos de los alumnos la necesidad de más lectura referente al tema y también hicimos una solicitud para que se interesen por la lectura del material, que el profesor venía dando. Observaba para los alumnos que sólo copiando y escuchando las aulas no iban a desarrollar las competencias y habilidades en procedimientos que tenían que utilizar en la elaboración conceptual y dominio del lenguaje para dar solución a las cuestiones y problemas contenidos en la programación.

En este período también estábamos en proceso de aplicación del **TANC-1** que tuvo que ser respondido en dos momentos. En el primer momento conseguimos aplicarlo a 14 alumnos que se dispusieron a contestar en el día previsto. En cuanto que el restante del grupo por encontrarse desarrollando otras tareas escolares, quedaron para contestar en un segundo momento con el profesor. El **TANC** como era un test desconocido de los alumnos había la necesidad de justificar su contenido, sus objetivos y de cómo proceder en la respuesta. Un hecho importante relativo al test era que, los alumnos además de ser evaluados, en la manera que proceden en la asociación entre conceptos, estos conceptos listados por estar siendo contactados en la respuesta en el test al establecer relaciones, estos conceptos relevantes tienen más oportunidades de ser familiarizados. Lo que puede propiciar más subsidios en la elección de conceptos, en la jerarquización y en el relacionamiento en la confección del mapa siguiente sobre energía.

En esta etapa de la acción integrada después de la primera visita, teníamos la preocupación junto al profesor y en algunas acciones muestras directas en la escuela con los alumnos, de mostrar la importancia de la comprensión de las cuestiones y problemas

traídos por la exposición, Lo que ocurriría, a partir del dominio de proposiciones y conceptos elegidos, contenidos en las estrategias de la exposición de la programación. Siendo nuestra intención evaluar el conocimiento que los alumnos ya tenían a través de los diferentes mecanismos utilizados por nuestro sistema de evaluación. Una vez que, era importante saber si los alumnos estaban consiguiendo desarrollar una base conceptual en la interpretación y respuesta a los cuestionamientos sobre los experimentos. Pues sería a partir de ahí que íbamos a poder direccionar nuestras acciones en busca de promover una mejora conceptual que lleve a un mayor involucramiento con las especificidades de la nueva información contenida en los experimentos. Colocaba para los alumnos en esta oportunidad como estímulo que, esperaba ver este perfeccionamiento conceptual ser comprobado en la segunda visita. En este sentido, en el período de aplicación del **TANC-1** efectuamos algunos comentarios en la escuela, sobre los conceptos listados y su relación con los experimentos, para dentro de lo posible, ir auxiliando al profesor junto al grupo en la tarea de preparación para la próxima visita.

Propusimos, un ejercicio complementar al **TANC** como actividad, que constaba de la siguiente tarea: a partir de ocho experimentos que listamos de la exposición, relacionados a la producción de energía eléctrica (incluyendo el experimento del loop), solicitamos, que asociasen a cada uno de los experimentos listados: a) los tipos de energía primaria y secundaria desarrollados en las transformaciones energéticas; b) la asociación de la ley de conservación de energía y de la ley de la eficiencia y del sentido en que ocurren los procesos de transformación energética. Recomendamos también que hiciesen referencia de la existencia o no de trabajo realizado y a otros conceptos específicos de cada fenómeno. Los experimentos que fueron listados en aquel momento con la participación del grupo en la elaboración de la lista, fueron los siguientes: 1- *loop* (dónde hicimos una revisión fundamentada en una analogía con la hidroeléctrica); 2- la de la mini-usina hidroeléctrica; 3- de la maqueta de la hidroeléctrica; 4- de la inducción magnética del imán oscilando en el núcleo de la bobina; 5 - el de inducción electromagnética por electroimán (con accionamiento de una lámpara); 6- la generación por manivela; 7- la célula solar (efecto fotovoltaico); 8- generadores electroquímicos (funcionamiento de las pilas).

Los alumnos que se dispusieron a contestar el ejercicio colocaron su respuesta en la parte de atrás del **TANC-1**. Este ejercicio fue propuesto como una actividad facultativa, no constandingo como instrumento de evaluación programada de esta investigación. Esta estrategia, no obligatoria, fue importante para ser un indicador de la actitud y predisposición

en participar de la acción integrada. Como registro escrito de ese estudio sirvió para evaluar el nivel de conocimiento adquirido por los alumnos a partir de los experimentos. Queda aquí una observación relativa a esta actividad que sería desarrollada posteriormente por el profesor, para los alumnos que no contestaron el ejercicio en aquel momento debido a que están desarrollando otras tareas. La no obligatoriedad en contestar este instrumento de evaluación, en este momento, también ocurrió por el hecho que posteriormente después de la tercera visita, aplicaríamos el cuestionario descriptivo de solución de problemas. Que tenía pretensiones más amplias sobre lo que estaba siendo cobrado en ese momento. También, exigía más tiempo de preparación del alumno para la cobranza relativa a cuestiones y problemas que evaluaba el contenido de los experimentos.

Cuanto a los resultados de este ejercicio, fue mostrado que, once alumnos se dispusieron a participar de esta actividad, mostrando así una predisposición en tratar las cuestiones inherentes a los experimentos visitados. Los demás apenas se dispusieron a contestar el **TANC-1**. Las respuestas dadas al ejercicio complementar por siete alumnos (**los alumnos: 1, 8, 10, 14, 15, 16 y 20**) mostró que ellos dominan las energías desarrolladas y el sentido que ocurre a las transformaciones de manera adecuada, en casi todos de los ocho experimentos listados. Cuatro alumnos (**los alumnos: 5, 7, 13 y 21**), no consiguieron llegar a este nivel de comportamiento en tratar adecuadamente de las energías y sus transformaciones. De estos cuatros alumnos, dos de ellos, mientras tanto, contestaron adecuadamente, las transformaciones en el primero y en el segundo experimento (**los alumnos: 5 y 7**) y los demás no contestaron adecuadamente a ninguna de las situaciones experimentales listadas. Ninguno de los once alumnos asoció la ley de conservación y ni se refirió a la eficiencia de los procesos de transformación. Mientras tanto, los **alumnos: 1 y 20**, que mostraron dominar las transformaciones de energía, en diversos experimentos, hicieron mención al trabajo realizado, sin establecer una relación con la transformación de energía.

Por las dificultades que fueron mostradas en el período de revisión en la observación del grupo y en la respuesta al cuestionario de conceptualización, verificamos que existió un pequeño progreso de algunos elementos del grupo, en lo que deseamos en términos de dominio conceptual sobre el tema de la programación. A nuestro ver, este pequeño progreso puede ser considerado como un resultado expresivo si consideramos que acabamos de salir de la primera visita para las negociaciones en el aula. Por otro lado, el resultado promedio del **TANC-1** aplicado después de la primera visita (según la tabla de

resultados), mostró una eficiencia baja (un desempeño insatisfactorio relativo a la 2/3 del grupo). Lo que reafirma que la mayoría no consigue en este inicio de preparación para la segunda visita, efectuar un relacionamiento satisfactorio entre algunos conceptos importantes relativos a los experimentos.

Vale observar que el desempeño mostrado en el **TANC-1** se encuentra muy próximo del resultado medio de un grupo de alumnos que tomamos para control. Que respondió este mismo test, después de una única visita a la exposición regular de estos experimentos. En nuestra exposición sobre las formas de generación de energía eléctrica buscamos focalizar esos conceptos relevantes, como principales conceptos en la justificativa del funcionamiento de los experimentos. La diferencia es la de que en este grupo de control los alumnos se situaban sobre esos conceptos durante la exposición para en seguida contestar el test. Esta fue la forma que encontramos para tener un control en la validación de los resultados de este test, hasta porque, su aplicación en esta perspectiva de evaluar aspectos específicos del dominio conceptual era una novedad. A pesar de los resultados del **TANC-1**, mostrado por la mayoría de los alumnos no ser satisfactorio, esperamos que las informaciones contenidas puedan auxiliar en un mejor desempeño en la elaboración de los próximos mapas conceptuales.

En relación al abordaje del contenido efectuado por el profesor en la escuela, hasta aquel momento, ya había sido tratado todo el contenido de electrostática y de circuitos con asociación de resistores. Existió un día específico que acompañamos dónde se procuro trabajar los conceptos de generadores y receptores, que también incluía el concepto de resistores. El profesor se refería que para tratar de este asunto iba a usar un texto más contextualizado (observa para los alumnos: *relacionado a lo que se ve en el día a día*). Observa que, *este fue el texto traído de la usina ciencia para que trabajemos en la acción integrada. Este texto dado para vosotros, busca integrar los contenidos de la Física con énfasis en la Energía y trabajando con una menor cantidad de formalización matemática y con problemas más contextuales... es lo que la Usina Ciencia se propone hacer*. Sin embargo, según el profesor cita, *“en la preparación para el PSS (denominación dada al examen de admisión para acceso a la universidad pública local), tiene que ser una mezcla de los dos, ni uno, ni lo otro”* (el profesor está queriendo decir una mezcla de un enseñanza tradicional que venía practicando con nuestra propuesta de trabajar en la perspectiva de actuación de la Usina). Continúa colocando que: *trabajando apenas con las relaciones contenidas en el formalismo matemático, vosotros alumnos no podéis entender los*

*fundamentos del asunto, vais saber apenas hacer cuentas. Necesitáis visualizar y discutir los fenómenos y no se prender apenas a formulas. Lo que estamos queriendo hacer es usar las formulas para encontrar las grandezas, pero también, queremos visualizar los fenómenos para la comprensión conceptual del contenido en las mismas.*

A pesar del profesor, tener la disponibilidad y haber visto la importancia para esos alumnos de que participen de esa acción integrada, conforme ya narramos, sabíamos desde el inicio de la perspectiva de enseñanza tradicional propedéutico del profesor (en la preparación para el PSS), Sin embargo también quedaba claro en sus colocaciones que estaba comprometido y dando espacio a la acción integrada a su manera de trabajar y de forma limitada (como ya habíamos comentado).

Durante otros momentos en el aula entre la primera y la segunda visita, el profesor efectúo sus actividades regulares con el compromiso de adecuar la programación para profundar los estudios, de lo que había sido tratado durante la visita. Mientras tanto, procedía por el método tradicional de enseñanza en el abordaje a los circuitos eléctricos. A pesar de los conceptos de resistencia eléctrica, tensión, corriente eléctrica, generadores y receptores que estaban siendo estudiados, eran asociados a lo que veían en la exposición, el abordaje efectuado no procuraba efectuar una conexión clara y definida con la programación iniciada en la visita. Sin embargo existían compromisos más amplios del profesor con la exposición en el sentido de tratar: las diferentes naturalezas de producción de energía eléctrica, la energía térmica en la termoeléctrica y aún asistir a la transmisión de calor en los sistemas de calentamiento por irradiación solar (constante de la **clase de situaciones de enseñanza 2**, que pretendíamos mostrar a partir de la segunda visita).

Con relación a nuestro cronograma de trabajo, es importante observar que la primera visita ocurre al inicio de noviembre (con atraso, debido a la interrupción de las actividades de la escuela por tres semanas) y la segunda visita se encuentra prevista para el final de noviembre después de cuatro semanas de la primera. Después registrar lo que ocurre en esta segunda visita, volveremos a mostrar, la continuidad de lo que acompañamos en las acciones del profesor en la escuela.

### **5.2.7 Segunda Visita a la Exposición de la Usina Ciencia.**

En esta segunda visita no fue posible contar con la participación del profesor del grupo que estaba viajando en este período. Sin embargo delante de la organización de transporte y de la reserva de nuestra exposición, decidimos mantener la visita, hasta porque según el profesor, en el mes de diciembre los alumnos estarían más dispersos y habría más dificultades en que se concentren en este tipo de actividad, por las preocupaciones con la realización de los exámenes de admisión (un examen de selección para ingreso al tercer ciclo en Brasil).

En un primer momento de esta visita, fuimos para la casa ecológica que ya se encontraba con su sistema de generación de electricidad en funcionamiento. La casa aún no había instalado: los muebles, la instalación de agua con calentamiento solar, y aún no se encontraba abierta para la visita regular (La casa aún no había sido inaugurada). Nuestra intención en la casa en este momento, era demostrar la generación eólica y la generación solar en funcionamiento en la alimentación del circuito eléctrico de la casa. Efectuamos para esto, la observación en la medida de tensión (ddp) y también observamos la medida de la corriente que alimentaba el proceso de carga de las baterías: dos generadores electroquímicos que eran utilizados para alimentar el circuito de la casa. En este momento contábamos con la participación de 25 alumnos presentes del grupo. En cuanto un grupo de alumnos acompañaba los procedimientos de medidas y prestaban atención para algunas colocaciones que efectuábamos, otros se preocupaban en observar otras características en los detalles de construcción de la casa fuera de nuestra programación de la investigación. Mientras tanto, posteriormente nos preocupábamos en invertir esta situación para viabilizar la participación de todos al recorte que estábamos efectuando de la exposición.

En esta visita contábamos con el auxilio de un monitor de la exposición (un alumno con beca del curso de Licenciatura en Física de nuestra Universidad). Eran mostradas variaciones en la corriente y en la tensión. Debido a la naturaleza intermitente de la generación solar y eólica, fuente primaria, para la generación de energía eléctrica en la alimentación del circuito, nos preocupaba en mostrar esa generación y al mismo tiempo considerar la necesidad de la presencia de la batería eléctrica para mantener la estabilidad en la tensión o en la potencia, en el abastecimiento de energía al circuito de la casa (permanentemente día y noche con viento o sin viento). En la primera visita, a través de nuestro sistema de generación solar móvil, dispuesto en el patio externo, ya habíamos mostrado la naturaleza intermitente de este sistema en funcionamiento. Cuanto a la

naturaleza intermitente de la generación eólica, la variación en la rotación en la hélice de la veleta (*cata-vento*) era visible en aquel momento (**experimento 3**). Sin embargo en otras observaciones que ya habían sido efectuados, en la generación por inducción, cuando accionábamos este tipo de generador por manivela manual (ya se caracterizaba esta naturaleza intermitente de generación y su dependencia del trabajo o de la energía mecánica disponible). La necesidad de mostrar estas alternativas energéticas en el funcionamiento de la casa, también tenía el propósito de la contextualización y de la sensibilización mayor al problema. Observamos que, el hecho de que estamos poniendo en práctica en una instalación residencial, una alternativa de generación extra, a la red oficial de abastecimiento de electricidad, para los alumnos era algo innovador. Fue también, una oportunidad de establecer parámetros, para tratar en aquel momento y posteriormente en el aula, de una importante cuestión de la preservación ambiental. La de que, cada vez más tenemos que buscar recursos alternativos locales en el medio ambiente para la producción de energía eléctrica, sin recurrir a las grandes usinas que abastecen grandes ciudades.

Mientras tanto continuamos verificando que la actitud y el procedimiento de la mayoría del grupo, a pesar del interés demostrado por muchos alumnos, continuaban siendo mucho más en la condición de observadores de que en interventores, en cuestionar y efectuar observaciones relevantes dentro de la programación que merezcan registros. Lo que existía con relación a la curiosidad de los alumnos eran otras características de la casa como: madera de las escuadrías, el forro de bambú, el material de las paredes, el funcionamiento del biodigestor, que tuvieron que ser tratados brevemente. Una vez que, a pesar de ser una cuestión energética, se encontraban fuera del recorte efectuado sobre el tema. Permanecemos alrededor de 20 minutos en la casa y a partir de ahí fuimos para la sala de energía. Esta segunda visita iba a servir para continuar enfatizando la energía mecánica de tipo cinética y potencial y su relación con el trabajo, la ley de conservación y la ley que regula la eficiencia y el sentido con que ocurren los procesos de transformación, además de que también trataremos de la definición de potencia eléctrica. Hicimos esto repitiendo de cierta forma, el procedimiento efectuado en la primera visita. Estábamos buscando efectuar la profundización del estudio y al mismo tiempo buscando atender a las dificultades presentadas por la mayoría del grupo y la ausencia de algunos alumnos que no vinieron a la primera visita.

Teníamos cierta dificultad en el abordaje al contenido en esta segunda visita traída por un descompaso en la programación del profesor en la acción integrada. Que ocurría

debido al hecho de que, en cuanto queríamos profundizar el estudio de la generación por inducción magnética en esta etapa, el profesor en la escuela más preocupado en no salir de su secuencia tradicional, aún se encontraba trabajando con magnetismo y fuerza magnética, no anticipando el fenómeno de inducción. No había aún tratado con las especificidades de la ley de Faraday y de la ley de Lenz, que necesitábamos que hubiese adelantado. Había apenas tratado de la cuestión superficialmente, sin parar en los detalles y especificidades, dentro de lo que se encuentra propuesto para este nivel de enseñanza. Habíamos combinado con el profesor en el planeamiento de nuestras acciones que, este abordaje más minucioso se haría dentro de la programación de la enseñanza escolar, dónde existiría más tiempo para la sedimentación. La justificativa para el atraso, según el profesor, se debe a algunas paralizaciones ocurridas con mucha frecuencia (en la clase del lunes), dónde teníamos dos clases seguidas de 50 minutos cada, entre las tres clases semanales disponibles en la asignatura.

El motivo de esas paralizaciones era de naturaleza administrativa, debido a las reuniones mensuales de la coordinación en la escuela, que sistemáticamente eran efectuadas siempre en el primer lunes de la primera semana de cada mes, sin haber un planeamiento de sustitución en este día. Se establecía de ahí esa dificultad en la consonancia de nuestra acción con el trabajo en la escuela. Vale aquí una observación, de que en la fase de preparación del cronograma de actuación conjunta, fue observada la necesidad de realizar algunos ajustes en la secuencia tradicional. Sin embargo, en este aspecto lo que ocurría transcendía el trabajo del profesor, que también se mostraba incómodo con esta situación que comprometía sus acciones también en la preparación propedéutica. Juntándose a otros tipos de paralizaciones que fueron apareciendo, como lo referente a reivindicaciones clasistas, pasó a existir una reducción en el tiempo disponible en el trabajo en la escuela. Lo que ocasionó una prorrogación en la acción integrada relativa a ajustes en la secuencia de la programación y en el acompañamiento. Lo que compromete a efectuar una mayor cantidad de especificidades en el abordaje al contenido de los experimentos.

Los hechos mostrados encima perjudicaron un tratamiento previsto con más subsidios en la presentación de los experimentos para los alumnos, en más detalles y especificidades de la ley de Faraday y Lenz (contenido en la **estrategia 3**), quedando una discusión más ampliada del contenido de la exposición para la tercera visita. A pesar de la necesidad de efectuar una recapitulación en la presentación de los experimentos,

buscábamos de alguna forma profundizar nuestro abordaje efectuando algunas inserciones en el fenómeno de inducción contenido en la **estrategia 3**. En este sentido, tratábamos de la cuestión hablando en términos de la variación de flujo de campo magnético en la producción de fuerza electromotriz inducida. También, con relación a la ley de Lenz, ya veníamos desde la visita anterior, en la utilización de la **estrategia 2**, buscando situar a los alumnos, mostrando la necesidad de mayor esfuerzo en el funcionamiento de los circuitos (fuerza aplicada para dislocar la manivela realizando trabajo). Una vez que algunos alumnos que participaban activamente de nuestras acciones, ya venían teniendo cierto dominio de que, la generación de electricidad por inducción era una consecuencia de la transformación de energía mecánica para eléctrica, teniendo también cierta consciencia que esto requería trabajo. Ahora avanzábamos un poco más en el sentido de buscar salir de la **estrategia 2**, yendo para la **estrategia 3** (relativa al **experimento 4** de inducción: ley de Faraday).

La intención fue de mostrar y discutir un poco, como ocurre la inducción de corriente en la bobina. Sin embargo, el tiempo previsto para explorar este experimento durante la visita acabó quedando pequeño, ya que se trata de una cuestión muy sutil en la comprensión de aquéllos alumnos que, aún no se mostraban debidamente preparados para efectuar las intervenciones esperadas para esta etapa. Las dificultades ya mostradas por lo alumnos en interpretar hechos de naturaleza abstracta mostraba la necesidad de construir algunas ideas previas sobre el asunto. Notamos que faltaba una iniciación a los conceptos de flujo de campo, y la idea de campo en la Física, que deberían haber sido anticipadas en la escuela. Aún así, tuvimos en esta visita la preocupación en mostrar en detalles la inducción en la bobina a partir del movimiento del imán y también mostrar en la práctica que la corriente inducida gira en la bobina magnetismo, a partir de un experimento utilizando el electroimán. A partir de este punto el alumno era llamado a pensar que la corriente que giraba el magnetismo de la bobina por interactuar a veces aproximándose, a veces alejándose de un imán colocado en sus proximidades, tenía que presentar un magnetismo con las características de sus polaridades opuestas. Lo que llevaba a cumplir el requisito natural de la necesidad del movimiento fuerza entre el imán y la bobina.

Muchos experimentos programados de nuestra exposición para la generación de energía eléctrica tratan de la inducción electromagnética, la que estamos también buscando priorizar en esta segunda visita (principalmente a través de la utilización de las **estrategias 2 y 3**). Sin embargo ahora íbamos a concentrarnos en los experimentos disponibles relacionados a la inducción por manivela. Con la preocupación de que todos los

participantes interactúen y sientan la diferencia del esfuerzo (trabajo realizado) para dislocar la manivela, entre las situaciones de circuito abierto y de circuito cerrado. La idea era que los alumnos busquen relacionar al fenómeno, el efecto contrario a la causa de la ley de Lenz. Cuanto al comportamiento de los alumnos a este cuestionamiento cuatro alumnos (los **alumnos: 1, 5, 16, y 30**), mostraron en el diálogo con el especialista, haber conseguido, en aquel momento, tener la comprensión de las especificidades contenidas en la ley de Lenz. Cuanto al interés con lo que estábamos haciendo, podemos expresar que al rededor de la mitad del grupo demostraba actitud favorable en acompañar e interactuar con la exposición. Mientras tanto existían los que se mostraban interesados, pero no explicitaban en la oportunidad, si habían tenido una comprensión amplia o parcial del fenómeno. Los otros se mantenían en acciones paralelas observando otros experimentos o interactuando entre sí, tal vez por el hecho de ya haber quedado Satisfecho con lo que ya había sido tratado en la visita anterior. Una vez que, cuando les invitamos a participar del procedimiento que estábamos repitiendo, colocaban razones del tipo: *yo... ya... Sí, eso ahí... la naturaleza no fornece nada gratis*. Una asociación pertinente, mas simplificada, que ya habíamos trabajado en la primera visita y que ahora.

Sin embargo, en el aula, pretendíamos que esta cuestión haya sido más bien explorada (de la primera para la segunda visita) en sus especificidades para justificar el trabajo gane en el accionamiento de la generación eléctrica. Sin embargo, nuestra intención de explorar en la exposición de la segunda visita, aún más, por causa del efecto contrario de la ley de Lenz, parecía no contar con la predisposición de estos elementos del grupo que quedaban aparte. En nuestra evaluación, los alumnos que se quedaron dentro de esta línea de pensamiento simplificado, del argumento de que la naturaleza no da nada gratis, desarrollaron un modelo mental, efectuado con razones simplificadas (económicas), apoyado en una base empírica de esfuerzo mayor que hacían en la manivela. Así podemos afirmar que la base de conocimiento disponible no permitía la utilización de procedimientos y actitudes que lleven a la retención de las ideas más complejas. Como las traídas por la ley de Faraday y por la ley de Lenz (Momento en que nos estaríamos refiriendo a la ley de conservación de la energía y de la eficiencia con que ocurre la transformación de energía).

Es probable que después de la primera visita, se hubiese una continuidad en la escuela más efectiva y minuciosa con las situaciones mostradas, los alumnos que se mostraban interesados sin una contribución explícita de sus ideas, tal vez, en aquel

momento, puedan mostrar predisposición para explorar las razones conceptuales más complejas que estábamos colocando sobre el fenómeno de inducción.

En los generadores por inducción con accionamiento a manivela, fue utilizado un circuito con una asociación de lámparas conectadas en serie y otro en paralelo. Nuestro propósito era explorar la diferencia en el trabajo manual realizado por los alumnos cuando en funcionamiento las diferentes asociaciones. La cuestión ahí colocada para los alumnos era la de relacionar en cual circuito se consumía más energía (por la diferencia en el trabajo manual realizado). En estos momentos que la exposición colocaba para ellos una situación de menor complejidad quedaba más clara para todos (hasta para los más dispersos sin una predisposición para la comprensión).

Observábamos así que, siempre que un experimento pasaba directamente nociones que exigía una base empírica de ellos, en conceptos y procedimientos, sin exigir razones de naturaleza abstracta, eso favorecía a la participación y a una respuesta más satisfactoria. En estos momentos en que ocurría una actitud favorable, buscábamos también asociar el propósito práctico contextual que caracteriza el sistema CTS de enseñanza. Como lo relativo a la ventaja en colocar lámparas en paralelo en los circuitos del día a día. En esos momentos específicos de mayor proximidad con el asunto de la escuela buscábamos entrar en consonancia, ofreciendo algunos subsidios a la programación tradicional (de la cual el profesor no conseguía alejarse).

Pasamos después para la exposición del funcionamiento de la generación por la termoeléctrica. Dónde mostrábamos que, inicialmente teníamos que efectuar el calentamiento del agua en la caldera para producir vapor. El vapor de agua producido servía para transferir calor de la caldera, considerado como reservatorio de calor caliente, para la atmosfera, considerado reservatorio de calor frío. Esta transferencia de calor resultaba en la producción de trabajo en la máquina que mueve el eje del generador. El hecho de no existir ningún comentario, nos llevó a preguntar: ¿Ya han estudiado sobre el funcionamiento de máquinas térmicas? los alumnos permanecieron en silencio... Los alumnos en su mayoría participaron de ese momento con curiosidad ya que advertimos que, por el poco combustible colocado, el funcionamiento de la termoeléctrica no iba a durar mucho tiempo. Recomendamos que observen en ese proceso: el pasaje de térmico para el mecánico y después del mecánico para el eléctrico. Llamábamos la atención de los alumnos que, en un momento pasado en la que estuvieron siendo evaluados en la escuela, sin estar con la presencia del fenómeno, no supieron expresar adecuadamente la sucesión de

transformaciones energéticas ahí verificadas. Normalmente economizan en su forma de pensar, asociando directamente el fenómeno térmico a la generación eléctrica. Teníamos la intención que quede bien claro para ellos, que en la generación por inducción electromagnética la fuente primaria necesaria es siempre de naturaleza mecánica. Era importante que ganen una consciencia de que lo térmico se encuentra en un proceso para buscar una fuente de energía mecánica, la cual tiene gran capacidad de realizar trabajo.

Después de tratar en esta visita de generación por inducción electromagnética, pasamos a explorar el funcionamiento de las pilas asociado al efecto electroquímico, consistiendo en el **experimento 6**, explorado por la **estrategia 4**, que ya había sido trabajada en la visita anterior y sirvió para reforzar el fenómeno electroquímico que ocurre en la reacción de oxi-reducción. Un hecho interesante acontece cuando colocábamos para el grupo un procedimiento de naturaleza técnica relativo a los cuidados con las pilas actuales. Nos referíamos al hecho que el aire atmosférico no aislaba totalmente el terminal de los electrodos de la carga eléctrica utilizada para colocar las pilas en funcionamiento. Esta situación era explorada en un material escrito que había sido dado para ellos en el desarrollo del trabajo en la escuela. Surgió de ahí una duda para el **alumno 5**, que quería saber porque el aire no aislaba los polos de los electrodos como normalmente se piensa. Argumentamos para él que, el campo eléctrico formado en las proximidades de los electrodos cargados, hace con que esos cambien cargas con la atmosfera, por la existencia de moléculas ionizadas en el aire. Este alumno paró, pensó un poco y tal vez, por recordarse del procedimiento de los fabricantes en el sentido de que ellos lo envuelven en plástico y no venden las pilas ni baterías sin este embalaje, se anticipa como una exclamación: “*Ah! es por eso que aíslan las baterías y pilas cuando salen de las fábricas para ser vendidas, antes de que usemos*”. Como estamos interesados en esta investigación, en observar la existencia del aprendizaje momentáneo a partir de lo que era mostrado durante la visita, creímos por bien, registrar este hecho. Creemos que esto haya sido un momento de aprendizaje súbito por *insight*. Sin embargo este *insight* ocurrió debido a pensamientos en ideas técnicas, en situaciones vividas de naturaleza más concreta de que abstracta, una parte de la programación en estudio de menor complejidad conceptual. Según Ausubel en situaciones experimentales controladas, el aprendizaje por descubierta puede fornecer “*insight*” al conocimiento técnico-científico utilizado. Delante de los procesos psicológicos de aprendizaje, la descubierta significativa es considerada más complejo de ocurrir que la recepción significativa. Una vez que requería una experiencia previa a cuestionamientos y soluciones que los alumnos mostraban dificultades. Por esta razón cuando no existen

subsunoers adecuados, una descubierta por *insight* sólo podría ocurrir delante de racionalizaciones más simples.

En la secuencia de esta visita, tratamos del efecto fotovoltaico (**experimento 5**), también contenido en la **estrategia 4**, relativo a las células solares. En esta etapa buscamos efectuar una mayor profundización, a pesar de ese asunto también no haber sido discutido, en sus especificidades en el aula. El profesor apenas colocó en la escuela el asunto en sus aspectos generales, a pesar de haber dado para los alumnos un material escrito en lenguaje simple y en un abordaje sintético, exploraba el fenómeno en sus especificidades. Este asunto no hacía parte de la programación regular del profesor en la escuela, todavía, en la programación de la acción integrada combinamos que yo mismo sería incluido para ser abordado. Inicialmente dentro de la sala de energía con luz artificial, verificamos variaciones en la tensión generada en la salida de un voltímetro conectado a esta célula y posteriormente observamos el fenómeno con irradiación de la luz solar directa, en el patio. Con el funcionamiento del circuito a partir de la incidencia de luz, efectuamos el accionamiento de lámparas asociadas, de un ventilador, entre otros componentes conectados. Un procedimiento que ya había sido efectuado y estaba siendo repetido para profundizar aún más la descripción del fenómeno. Fue cuando hicimos una asociación importante de ese efecto de los fotones de luz con el fenómeno de la fotosíntesis (que los alumnos mostraban tener cierta comprensión). Esta asociación contenida en la **estrategia 4** despertó en ellos un mayor interés en saber intrínsecamente como se produce energía eléctrica por incidencia de la luz en la célula. Sin embargo no dedicamos mucho espacio del tiempo de la visita, por ya habernos referido a este efecto en la generación en la casa ecológica. Por otro lado, como habíamos preparado un material escrito para el alumno que debería ser usado por el profesor, para profundizar esta cuestión, con más tiempo en el aula, esperamos para ver como los alumnos respondían sobre esta situación en la última visita.

En la continuidad, volvemos a la sala de energía, con algunos alumnos interesándose por otros experimentos, como la lámpara de plasma, que solicitaron que les explique el fenómeno (existían otros experimentos relacionados con la energía que no estaban en nuestra programación que, por interés de los alumnos hacíamos algunas referencias y siempre que posible asociando los conceptos que venían siendo trabajados en este estudio). Queremos justificar que a pesar de que algunos experimentos de la sala no estén dentro de nuestro recorte, la perspectiva teórica de su justificativa podría ayudar en la formación de los conceptos ahí presentes sobre energía eléctrica: como el de la diferencia

de potencial, como el de la corriente eléctrica, como el de la descarga eléctrica itinerante en el interior de la lámpara de plasma, y el efecto fisiológico de un pequeño choque que podría ser provocado.

La última parte de la visita tratamos del generador electrostático (el **experimento 7**), dejado para ser presentado en este momento, principalmente por el interés que los alumnos despiertan para los fenómenos mostrados por este equipamiento. Buscamos en la oportunidad discutir nuevos fenómenos y profundizar lo que ya había sido mostrado en la primera visita. Buscamos discutir, dentro de la **estrategia 5**, los procesos de electrización, y los conceptos de: carga eléctrica, campo eléctrico y potencial eléctrico, relacionadas a la generación electrostática y consecuentemente a la energía potencial eléctrica. Para eso argumentábamos sobre los fenómenos que iban siendo provocados en la práctica, preguntando: ¿Por qué los pelos se levantan? ¿Por qué los hilos de algodón quedan, en un va y viene, entre nuestra mano y la esfera del generador? ¿Por qué una pequeña lámpara neón en las proximidades del generador y en suspensión aislada en el aire enciende? ¿Cómo se provoca descargas eléctricas en el aire, una vez que, en principio el es un medio aislante? ¿Por qué el aire emite luz con la descarga eléctrica? ¿Por qué las personas llevan choque en las proximidades del generador y en el contacto entre sí? ¿Cuáles son los procesos de electrización del generador?

Estos fueron los cuestionamientos que buscamos colocar junto a los experimentos para que los alumnos, frente a la enseñanza receptiva e interactiva practicada, procuren tener la comprensión de los significados que venían siendo atribuidos en el momento en que los fenómenos eran vividos. En los momentos de la presentación de cada hecho íbamos buscando el diálogo para encontrar una justificativa teórica (inclusive bien simplificada). Existía mucha dificultad de los alumnos de conseguir elaborar un modelo que describa los fenómenos. A pesar de que algunos meses antes de iniciar nuestra programación en la escuela, hayan estudiado electrostática dentro del sistema tradicional practicado. En situaciones para el desarrollo de un modelo más simplificado, como lo que ocurrió en los procesos de electrización del generador, de forma negociada, algunos alumnos que venían destacándose en las intervenciones asociaron al movimiento de la correa a la electrización por atrito y en las proximidades entre correa electrizada con la cúpula, la electrización por inducción. Daba la impresión que algunos fenómenos conseguían ser comprendidos por algunos alumnos, en razón de la transposición teórica de conceptos de la electrostática estudiada por el sistema tradicional. Sin embargo para conseguir eso tuvimos que intervenir

bastante para extraer una justificativa satisfactoria al hecho (sin, mientras tanto, obtener el retorno necesario de la mayoría del grupo al diálogo).

En este experimento del generador estaba siendo traída una diversidad de situaciones contextualizadas para el estudio, que la mayoría de los alumnos no mostraba una predisposición. Existía en este experimento una expectativa para ponerse en práctica el fenómeno de “escalofrío de los pelos”. Tradicionalmente mostrado en las exposiciones de los museos que, de antemano, ya despertaba tanto interés, a punto de causar una dispersión de la atención de los alumnos a los demás fenómenos de interés en nuestra programación. Un hecho que ocurría por explorar una situación lúdica de escalofrío de los pelos de un personaje en exposición en el generador. Lo que normalmente causa al grupo que asiste a la presentación en ese momento es una necesidad de colocar en ridículo al compañero expuesto. Esta característica de la acción de los museos en la divulgación científica puede mostrarse como un contrapunto a los intereses escolares para efecto formativo. Sin embargo, es objetivo de los museos y centros de ciencias buscar mostrar una ciencia utilizándose de *exhibits* que exploren situaciones lúdicas, o algo inusitado, dónde se procura garantizar a los visitantes momentos de relajamiento, bromas, entretenimiento y al mismo tiempo buscando promover enseñamientos. Este hecho puede ser visto como un contrapunto en el sentido de ser algo que escapa a la línea de acción de la programación escolar.

La verdad es que, en nuestra acción integrada con la programación escolar para efecto de aprendizaje, a pesar de las especificidades de cada una de estas instancias educacionales, no se puede perder el rumbo de tentar unir los intereses de estos dos espacios. Así necesitábamos tomar algunos cuidados en los momentos en que nos encontrábamos buscando efectuar un aprendizaje diferenciado, espontáneo y relajado frente a la exposición. Este comportamiento en el procedimiento de los alumnos a pesar de previsible, no podría comprometer el involucramiento del alumno en otras cuestiones de aprendizaje. En la acción integrada a la forma con que procedemos en la exposición, no podría aparecer como una contraposición a la estructura escolar menos relajada, y más formalizada y disciplinada. Naturalmente que existían cuestiones científicas importantes que deberían ser del interés de los alumnos, que iban mucho más allá del cuestionamiento sobre lo que ocurre con los pelos que no conseguimos discutir con la mayoría. El momento de relajamiento, a pesar de su importancia en el proceso educacional, si mal conducidos puede, muchas veces, desviarnos de la necesidad que tenemos de volver a buscar en el grupo una postura de concentración. Principalmente, cuando tenemos que explorar

cuestiones que exigen una mayor capacidad de elaboración mental. Así como estrategia dejamos pasar este momento de euforia y de relajamiento, para tratar de los efectos de inducción causados por el campo electrostático oriundos de la carga eléctrica del generador.

A pesar de las dificultades de concentración frente a situaciones lúdicas conseguimos, delante de algunos fenómenos de acción a la distancia, tratar de la inducción electrostática a partir de la relación carga-campo. Sin embargo observábamos que este tratamiento se mostraba como una novedad, probablemente por el hecho, de que, en la programación tradicional de la secundaria se ha dado un énfasis a la fuerza, con la interacción carga-carga. Sin embargo necesitábamos establecer el concepto de campo como un transmisor en potencial de energía de naturaleza eléctrica alrededor de la cúpula del generador. Una vez que, podríamos justificar el funcionamiento de la lámpara neón dispuesto aislada en las proximidades del generador, entre otras interpretaciones a las cuestiones formuladas por los alumnos, en la negociación por el diálogo con el especialista, no conseguían alcanzar. Posteriormente estos registros fueron llevados al profesor, que justifica tratarse de una situación nueva para los alumnos, que concebían el funcionamiento de las lámparas cuando conectadas manteniendo contacto con una fuente como ocurre en los circuitos eléctricos convencionales. Así establecer en el espacio una diferencia de potencial causada por el campo eléctrico producido por el generador electrostático, sin la necesidad de una conexión por hilos conductores para caracterizar el funcionamiento de la lámpara es una experiencia innovadora. A nuestro ver, aunque hubiesen visto en el estudio de la electrostática, que el campo eléctrico establecido en el espacio transmite energía y puede generar una diferencia de potencial, aún así, habría dificultad del alumno, solito sin una intermediación, transponer el conocimiento científico al fenómeno acompañado en la práctica. Principalmente por ser un hecho justificado con la idea de campo, que se mostró como una novedad que viene a requerir una mayor madurez. De forma que, la asociación de esta teoría a la práctica, aunque haya sido despertado en el momento de la exposición, necesitaría ser consolidada en la actividad escolar.

Queda así registrado que sería necesario efectuar nuevas inserciones teóricas relativas a la concepción conceptual del significado de potencial y de la diferencia de potencial y su relación con el campo eléctrico, que el estudio de electrostática de la escuela no realizó. No se tratando de una descripción teórica de fácil comprensión para que se ejerza, ya en aquel momento cierto dominio por la demostración de la practica experimental. Así a pesar del experimento traer un montón de razones, mucha

fundamentación teórica de la electrostática trabajada en el primer semestre de aquel año lectivo en la escuela, los alumnos no conseguían efectuar una transposición para explicar la mayoría de los hechos colocados con lo que habían estudiado en la escuela. Por ejemplo, durante el propio fenómeno de la subida de los pelos, un alumno asoció al hecho: *la existencia de una energía negativa...*; sin embargo, tal vez por su simplicidad por traer una vivencia más empírica-concreta para la elaboración de la respuesta, en este cuestionamiento fue dónde ocurrió una comprensión más apropiada. Una vez que los alumnos conseguían colocar proposiciones tipo: *los pelos se electrizaban con la carga de la misma señal del generador y por eso se repelen...*

Discutimos también con los alumnos la idea de que, el generador electrostático aún produciendo energía eléctrica, no podía ser utilizado para fines prácticos de accionar nuestros circuitos en el contexto de la vida. Hacíamos referencia a las características de su funcionamiento en altísima tensión, sin embargo efectuando eso en baja potencia, era insuficiente para accionar los circuitos utilizados en la vida práctica. Los alumnos en razón de la alta tensión, de inicio quedan asustados y ven al aparato con restricciones. Sin embargo, conseguimos convencer a la grande parte del grupo que no habría peligro en establecer un contacto. Una vez que, ya habían adquirido una consciencia, en el trayecto de las demostraciones efectuadas anteriormente, que el aparato no ofrecía peligro para las personas de salud normal sin enfermedades cardíacas. Al final, las personas en las proximidades del generador, durante las demostraciones, tenían que quedar expuestas a choques eléctricos en pequeña intensidad. Este choque, de cualquier forma, interfiere en el sistema nervioso de las personas. Lo que a veces requiere una preparación psicológica para los que quieran se someter al mismo. Los alumnos, unos de cerca otros de lejos interactúan observando la sucesión de fenómenos que estábamos mostrando. En verdad, existían cuestiones contextuales relacionadas, que exigía una transposición (prevista en la **estrategia 5**), que observábamos que ellos no estaban acostumbrados/preparados a hacer. Era el caso de las descargas eléctricas que ocurrían entre el generador y otros objetos en las proximidades, dónde se podía efectuar la transposición didáctica con los fenómenos provocados en el espacio próximo a la superficie de la Tierra por la electricidad atmosférica (que ocasionaba los rayos y relámpagos). Esta negociación entre el especialista y los alumnos, relativa a la transposición didáctica venía se volviendo provechosa, para todos aquellos que mostraban diferenciarse en actitudes y potencialidades cognitivas en la comprensión de conceptos y proposiciones durante la visita.

Concluimos las actividades de la visita con un pasaje por el patio para observar el funcionamiento de los equipamientos asociados a la **clase de situaciones de enseñanza 2 (experimento 8)**, trabajado por la **estrategia 6**, que trata de la alternativa de transmisión de calor por la irradiación solar envolviendo: el calentamiento de agua (efecto foto-térmico), la cocina solar (concentración de luz en espejos curvos) y la “estufa” (horno solar). Iniciamos discutiendo el aprovechamiento de energía por irradiación solar a partir de la transmisión de calor en la cocina solar. En él, los alumnos medirán las variaciones de temperatura en el agua calentada contenida en el interior de un recipiente que se encontraba dispuesto en la región focal del espejo cóncavo de la cocina. Los alumnos también colocaban la mano en el local para observar los efectos de la alta concentración de energía solar. Observamos en el comportamiento de ellos, que existía una mayor facilidad, por parte de algunos alumnos, con el fenómeno mostrado. Faltaba, mientras tanto, a esos alumnos un tratamiento utilizando un lenguaje más específico dentro de la descripción científica del fenómeno.

Pasamos en seguida a tratar del sistema de calentamiento del agua, a la que denominábamos de calentador foto-térmico (**experimento 8**). Dónde buscábamos mostrar la transmisión de calor por irradiación en el colector, dónde se encontraba dispuesto un sistema de tubos metálicos en forma de serpentina conteniendo el agua que debería ser calentada. El colector con la serpentina ahí depuesta iba calentándose por la transmisión de calor por la energía solar, esta energía era transmitida para el agua en el interior de la serpentina por conducción. El agua calentada por este sistema de calentamiento (que se constituía en un reservorio de calor caliente) era conectada por dos tubos en circuito hídrico fechado para comunicarse con un tanque con agua fría localizado en un nivel más alto (que se constituía en el reservorio del calor frío). En esta circulación del agua entre dos reservorios, manteniéndose sobre una diferencia de nivel, se justifica la transmisión de calor por convección a través del agua caliente que subía y simultáneamente del agua fría que bajaba (estableciéndose la corriente de convección en la transmisión de calor, del reservorio caliente a temperatura mayor para el reservorio frío a temperatura menor). Observábamos aún que, el colector presentaba una placa de vidrio transparente dónde iba a ocurrir el efecto invernadero, que buscamos también, brevemente conceptualizar. La idea era establecer para los alumnos que en este sistema de calentamiento ocurrían las tres formas de transmisión de calor asociadas. La función del efecto invernadero en este sistema es causar una ganancia adicional en el aprovechamiento de la energía solar. Estos eran los conceptos y proposiciones utilizados en la comprensión de este sistema de calentamiento (seleccionados para atender a nuestra “**clase de situaciones 2**” tratada por la **estrategia 6**).

Observamos que este sistema de calentamiento de agua, fue lo que se mostró para los alumnos, como el de mayor complejidad conceptual en la evaluación de las ideas ahí contenidas. Principalmente, en relación al efecto invernadero y a los detalles técnicos que llevaban el agua, al final a mantenerse calentada en el tanque aislado de agua caliente (*boiler*). Estas cuestiones de mayor complejidad conceptual podían ser iniciadas en la visita, pero, tendrían que tener un mayor soporte en la acción escolar, dónde había más tiempo. Para concluir la visita, aún dimos una pasada por la “estufa” (horno solar o cocina solar tipo caja). La misma era utilizada, entre otras funciones, para secar granos. Envolvía la transmisión de calor por irradiación. La cual asoció haber un calentamiento adicional en el interior y esto era causado por la cobertura de plástico transparente. Que causaba el efecto invernadero. Para una mejor comprensión del fenómeno en la práctica solicitábamos que los alumnos efectúen la medición de temperatura ambiente próxima a un piso escurecido en la parte externa (próxima a 33 °C), y comparen con la temperatura ambiente en el interior de la estufa (que en aquel momento se aproximaba de 55 °C), mostrando un calentamiento adicional.

Efectuando un balance de esa visita, la impresión que quedó del comportamiento de los alumnos fue que, ellos continúan escuchando, ven más de que intervienen. Pocos alumnos conseguían con mucha timidez dialogar con el especialista sobre las justificativas teóricas para los experimentos. Los alumnos también no dieron respuestas cuando en algunos momentos se quedaron a gusto, para interactuar en grupo, entre sus pares, con los experimentos, en busca de justificativas consistentes. Los alumnos no mostraban nítidamente presentar un vocabulario adecuado dentro del dominio científico, para que puedan expresarse adecuadamente. Quedaba comprobado que faltaba para prácticamente casi todos estos alumnos, el hábito de la lectura necesario para que puedan expresarse, para mostrar el desarrollo conceptual concomitante con el dominio alcanzado en expresarse con un lenguaje adecuado (más una vez se confirmaba que no atendían al *principio del conocimiento como lenguaje*). Ya habíamos recomendado al profesor que debería exigir de sus alumnos más dedicación a la lectura, una vez que él mismo era conocedor de esas dificultades. Una dificultad que se iniciaba por el hecho de no leer el propio libro de texto de la escuela, por el relato del profesor y por lo que acompañamos en el aula de la escuela. Para las actividades que desarrollábamos integradas a la escuela, buscamos dar todo tipo de material escrito direccionado al tratamiento teórico de los experimentos (apenas lo necesario), para que adquiriesen conocimiento y dominio del lenguaje dentro de lo que estábamos abordando.

Actuábamos con todo un cuidado, en el sentido de ganar la confianza del grupo, buscando crear un ambiente favorable y buscando estimular y provocar iniciativas favorables a las respuestas en el diálogo que buscábamos mantener. Inclusive si los alumnos desviaban su atención para otras actividades de sus intereses, buscábamos evitar crear un clima de reprensión, buscando siempre de alguna forma, armónicamente, integrarlos a la propuesta de la visita. Vamos a citar dos casos, en momentos diferentes durante esa visita que buscamos traerlos para la discusión sobre energía, en razón de sus intereses dispersos del momento.

Un caso fue, cuando algunos alumnos desinteresados con el restante final de la presentación partieron para la actividad de sacar jambo (*jambo*) en un árbol frutero que tenemos en nuestro patio externo. Buscamos llamar la atención para la “actividad energética” que estaban efectuando, buscando asociar la energía potencial gravitacional a la cualidad del jambo que estaba siendo retirado al mover las ramas del árbol con la caída del fruto al suelo.

Otra intervención nuestra, en el sentido de favorecer el diálogo, fue cuando algunos elementos del grupo que se encontraban dislocados de la exposición aprovechando la brisa del patio. Un viento más intenso debido a la altitud del local, y por encontrarnos en las proximidades del mar (esa es la situación geográfica de la Usina Ciencia). En esta oportunidad hicimos con que introspectivamente piensen en algún fenómeno allí visible, que pudiese mostrar la diferencia entre energía eólica de los vientos en la parte baja con la parte alta dónde nos encontrábamos. Habían percibido antes una manera de efectuarlo por la diferencia del movimiento de agitación de los árboles de la misma especie (dos palmeras) presentes en los dos ambientes (en la región baja y en la región alta). En el diálogo, con alguna negociación, Hice con que percibiesen que se trataba de observar el comportamiento de las dos palmeras bajo acción simultánea diferenciada de la intensidad de los vientos que soplaban.

En esta acción integrada con los alumnos de la escuela, dentro del recorte efectuado sobre el asunto, estábamos siempre preocupados en pasar la idea de la importancia de la energía, una vez que, a través de ella se podía, muchas veces, efectuar el análisis de los fenómenos naturales observados en nuestra vuelta.

Después de la segunda visita, acertamos por recomendación del profesor que no haríamos la tercera visita en el mes de diciembre, habiendo la necesidad de prorrogar

nuestra acción integrada hasta el final del mes de enero. Por algunos atrasos en consecuencias de huelgas, el final del calendario académico anual de la escuela, previsto para terminar en enero de 2007, pasaría para marzo del mismo año (entre negociaciones, planeamientos e implantación del estudio, ya veníamos en actividades desde junio de 2006; si todo tuviese ocurrido normalmente, nuestro encerramiento estaría previsto para diciembre de 2006). Nuestra tercera y última visita, en este nuevo cronograma, sería marcada para mediados de enero de 2007. Nuestras acciones en la escuela en diciembre de 2006 iban a tener una interrupción (un intervalo sin actividades que duraría alrededor de quince días). En razón de un trabajo de revisión en la asignatura de la escuela para atender a una preparación para la primera etapa del examen de admisión para acceso a la universidad (La programación de la acción integrada parecía mostrar poca afinidad con ese examen).

En esta época la concurrencia por las plazas en la Universidad era igual, entre los alumnos de la red particular y de la red pública. Era la legislación que aún vigoraba en aquel año. Lo que acababa en la práctica, dando pocas oportunidades para el alumno de la escuela pública de la red estadual de enseñanza. Una vez que, este estudiaba en una escuela menos estructurada para ofrecer una preparación más adecuada a ese examen (este hecho era realidad de la enseñanza que ocurría en Brasil). La previsión del profesor era de que, delante de la circunstancia de aprobación de algunos de los alumnos de este grupo, sólo trabajaríamos retomando exclusivamente a la programación de la acción integrada, después de la realización de la primera fase del examen de admisión, y después de esto, íbamos hasta el final del año lectivo, si fuese necesario.

#### **5.2.8 Lo que Fue Observado en la Actuación del profesor en El aula en la Acción Integrada.**

El profesor inicia una determinada clase después de la segunda visita, advirtiéndolo a los alumnos para el hecho de que el material escrito traído por el especialista, no está siendo usado y ni traído por la mayoría de los alumnos, que mostraban no estar dando mucha importancia a su lectura. El profesor informa que en este último bimestre el rendimiento escolar de este grupo en la asignatura estaba disminuyendo y que necesitaban trabajar más la ley de Faraday y Lenz para hacer una prueba o un trabajo. Habíamos observado para el profesor después de su ausencia en la segunda visita (por motivo de viaje), que en la actividad de evaluación en una clase anterior, para la confección del

segundo mapa conceptual, cuando estuvimos en la escuela muchos alumnos no estaban presentes. El profesor entonces solicitaba que aquellos que no elaboraron el mapa, lo harían aún en esta clase. Vale registrar que había pasado apenas una semana de la actividad de este segundo mapa, realizado antes de la segunda visita, y algunos alumnos no recordaban si habían hecho, o no esta actividad.

Esta nuestra ida a la escuela, fue también aprovechada para hacer una revisión sobre la confección de mapas, ya que el resultado de los mapas hechos anteriormente mostraban que muchos alumnos aún no ejercían un dominio mínimo adecuado para su confección. El profesor colocaba de nuevo la importancia de confección de estos mapas para efecto del alumno mostrar su conocimiento en relación a los conceptos desarrollados en el asunto. El profesor observa aún que el mapa era importante para mostrar la integración que ellos hacían de los conceptos del tema relativos a los experimentos. El profesor recomienda para que en la confección, utilicen el concepto de trabajo y su relación con la energía cinética y potencial. Y aún recomendaba que, los conceptos en el mapa necesitaran retratar una integración entre los experimentos, principalmente entre los relacionados a las diferentes formas de generación de energía eléctrica. Recuerdo también que los conceptos debían ser jerarquizados en orden decreciente, yendo hasta los conceptos más específicos. Los conceptos deberían también ser conectados por sus relaciones e inclusive en las líneas de conexión podrían presentar conectivos (frase, palabra, fórmula que expresasen la relación). Una orientación muy pertinente e importante que mostraba, que el profesor era conocedor de las acciones que necesitaban ser emprendidas en la cooperación.

De esta forma la confección de este mapa por todo el grupo, necesitó de dos momentos próximos en una semana (los alumnos que hicieron el segundo mapa constan en el anexo de la tabla de resultados).

Para no dejar sin actividades a los alumnos que ya habían hecho el mapa, el profesor propone al grupo que trabaje con la actividad prevista para aquella clase: unos ejercicios que envolvían la formalización con cálculos sobre flujo de campo magnético para aplicarlo al cálculo de la fuerza electromotriz constante en la ley de Faraday (un procedimiento utilizado en la enseñanza tradicional para la comprensión de esta ley). Después de la conclusión de confección de los mapas, como los alumnos incumbidos en dar solución al ejercicio, mostraron no saber cómo proceder en la solución de la actividad, el profesor pasó a desarrollarla en la pizarra, para el acompañamiento de los alumnos. El profesor en su abordaje procuró conceptualizar la idea de flujo por las líneas de campo magnético atravesando

una superficie. Sin embargo también se preocupó en pasar la idea del producto escalar entre los vectores campo magnético y el vector área de la superficie envuelta. Con este procedimiento procuró trabajar la noción de producto vectorial, y aún tuvo que asociar en la definición de este producto, la importancia del ángulo formado por los dos vectores. El profesor presentó las unidades usuales en el cálculo de flujo, determinó la variación de flujo, y calculó la fuerza electromotriz. Después de obtener la cantidad de voltios generados por la fuente, exclama para sus alumnos: “*no les parece fascinante!*”.

Un alumno interviene cuestionando que: *aquellos cálculos eran fascinante para él, el profesor*. Creemos que, la razón de la observación del alumno se debió a que, mejor sería una comprensión sin aquellos cálculos. Este pasaje está siendo colocado en el relato para expresar el dilema en que vive un profesor, cuando intenta colocar las necesidades impuestas por una programación de enseñanza propedéutica y no sabe que camino seguir delante de las dificultades. Inclusive para profesores considerados profesionales, peritos en el dominio del asunto y conscientes de los problemas actuales de la enseñanza, encuentran dificultades en dar andamio a su programación tradicional. Parecen no estar preparados para lidiar con la grande dificultad de la falta de base en conocimientos y en el lenguaje científico y matemático (para la mayoría de aquellos alumnos, los subsunores no eran adecuados para lidiar con la programación tradicional de aquella serie de enseñanza).

Queda evidente, que en este estudio, eso ha llevado a una falta de interés y predisposición de la mayoría de los alumnos para actitudes favorables a este tipo de abordaje (con muchas aplicaciones de formalizaciones y cálculos). Nos encontrábamos así, muy preocupados delante de las dificultades mostradas por ese grupo con relación a la Física debido a la enseñanza tradicional no alcanzar a la mayoría de los alumnos del grupo. ¿Con el poco tiempo que había disponible para que el profesor actúe en esta cooperación, que podríamos hacer?

Para tentar vincular la enseñanza escolar a la propuesta de la exposición, íbamos a continuar intentando negociar una mudanza de postura del profesor. Este profesor, a pesar de tener el reconocimiento del grupo, por su esfuerzo emprendido en educarlos, el contexto, no le permitía obtener resultados inmediatos. La mayoría del grupo mostraba una grande divergencia de conocimientos y habilidades cognitivas que también comprometían las intenciones frente a la enseñanza tradicionalista. El profesor necesitaba explícitamente reconocer que, tanto en los momentos de su acción en la escuela junto a la exposición cuanto en la preparación para el examen de admisión para acceso a la universidad, no estaba

consiguiendo desarrollar satisfactoriamente, ni una cosa ni otra. El profesor mostraba que era sensible a la importancia de los experimentos de la exposición. Sin embargo también se mostraba muy comprometido con la tradición, a punto de no inclinarse a utilizar otra perspectiva de enseñanza con un lenguaje más simplificado que fuese más accesible a la comprensión de los fenómenos delante de aquella realidad. Así, en la ausencia de una base de conocimientos necesarios a los alumnos que no fueron desarrollados a lo largo de su vida escolar, y delante de la imposibilidad de una mayor inversión de tiempo de clase en la escuela, ¿Qué caminos íbamos a seguir?

Esta fue una situación que hasta este momento no conseguimos resolver. El profesor reconocía que si su trabajo fuese exclusivamente volcado a una alfabetización científica, de cierta forma, en algunos aspectos, también estaría preparando los alumnos para el examen de admisión. Sin embargo, existía el compromiso más fuerte de seguir la programación a la cual estaba habituado. Por su vez, estábamos a tres semanas del examen de admisión.

En otro momento de observación, en que acompañamos el grupo en la escuela después de la segunda visita, al inicio del mes de diciembre de 2006, existía aún una preocupación del profesor, con la preparación para realizar el examen de admisión local (prueba PSS). Pensaba él, en el tiempo que aún tenía, faltaba concluir electricidad y magnetismo para atender la programación de PSS (que sería realizado día 19 de diciembre con los alumnos del 3° año). Observaba el profesor para sus alumnos que en este período, no iban a tener ninguna evaluación de aprendizaje.

Ya dejamos registrado en nuestro acompañamiento que delante de las dificultades presentadas por los alumnos, en principio, no estaban siendo atendidas ni a una propuesta de enseñanza, ni a otra, a pesar de que las mismas no sean incompatibles como un todo. Sin embargo, a nuestro ver, el hecho de que el profesor no explore debidamente los momentos de la visita, dejaba de utilizar un valioso recurso de instrucciones que le faltaba en promover una enseñanza innovadora. Dejaba de utilizar en su amplitud, mecanismos valiosos de lo que fue mostrado en los experimentos de interés para su materia de enseñanza. Que, a nuestro ver, podría provocar una mayor motivación y predisposición en el grupo a actitudes más favorables para la asignatura, delante de un contexto que ofrecía tantas dificultades.

Sabíamos de las intenciones del profesor en buscar dividir sus acciones, sin embargo no esperábamos tanto desinterés del grupo con relación a la Física. Lo que

requería del profesor, en sus acciones una inversión maciza, en algo nuevo, como nuestra perspectiva de alfabetización científica. Por el conocimiento y experiencia con la Física el profesor mostraba que si tuviese interés, fácilmente se adaptaría a la cooperación y entraría en consonancia con las intervenciones del especialista para una alfabetización científica. Creemos que si actuásemos de forma más integrada, haciendo lo que sea posible, para mejorar de forma más efectiva aquella realidad, podríamos haber obtenido mejores resultados. A pesar del período previsto de un semestre lectivo, poder ser considerado corto, delante de la falta de preparación de los alumnos que ya cursaban la última serie de la secundaria, a nuestro ver, podríamos haber contribuido más en la formación de esos alumnos en una cooperación más afinada.

El hecho de intentar compatibilizar en el aula, la perspectiva tradicional con una perspectiva innovadora de la exposición no venía funcionando. El profesor tenía potencialidades para volver sus acciones para la alfabetización científica, sin embargo no se daba cuenta, hasta aquel momento, que al intentar utilizar diferentes filosofías de acciones, no estaba haciendo ni una cosa ni otra.

Estuvimos en permanentemente discusiones sobre cual sería la mejor estrategia de preparación para el examen de admisión, delante de aquella realidad. Para el profesor los compromisos formales con la preparación para el examen de admisión acababan en dos semanas y media, a partir de ahí, según él, teníamos más un mes de trabajo en el aula, hasta la tercera visita. Percibimos concretamente que, solamente a partir de ahí tendríamos el profesor tardíamente comprometido, exclusivamente con nuestra acción integrada. Delante de este momento de expectativa y acción volcada al examen de admisión, fue recomendado por el profesor que, no efectuásemos ningún tipo de evaluación en este período inicial después de la segunda visita. Sin embargo después del examen de admisión, pasaríamos a efectuar contactos individuales o en pequeños grupos para formalizar el acompañamiento de la investigación por entrevistas (que habíamos programado para el final del estudio). No aplicaríamos así el test TANC, ni realizaríamos la elaboración de mapas conceptuales que también estaban previstos para esta fase después de la segunda visita. Solamente después de la tercera visita, en la conclusión de la acción integrada, aplicaríamos el restante de nuestra evaluación escrita: el cuestionario descriptivo de problematización, el test TANC, y la elaboración del tercer mapa conceptual.

Las entrevistas serían realizadas a partir de enero en nuestras actividades cuando fuimos a la escuela en los días de clases de la asignatura antes y después de la tercera

visita. La expectativa inicial era la de que, realizaríamos dos entrevistas con cada alumno. Una antes y la otra después de la tercera visita. Sin embargo eso no ocurrió, una vez que la disponibilidad mayor para con la entrevista ocurrió después de la realización de la tercera visita. De esta manera, nuestra actividad en este período antes de la tercera visita, se concentró en las entrevistas con los alumnos disponibles, y en las observaciones de algunas clases del profesor. Que en sus aulas iba a complementar la programación de la acción integrada para llevar a los alumnos en la tercera visita a la exposición. Sin embargo, este es el período dónde normalmente ocurren las vacaciones escolares regulares en Brasil y muchos alumnos ya se mostraban dispersos y también descontentos por no haber sido aprobados en el examen de admisión. La mayor parte del grupo demostraba apenas una preocupación, en ir a la escuela para cumplir los requisitos que faltaban para concluir el año lectivo y consecuentemente su formación en la secundaria.

Existía, sin embargo una parcela de alumnos que se mantenía asiduos con la frecuencia a las clases variando entre 18 y 22 alumnos por aula. Existían algunos alumnos que participaban regularmente de todas las clases de Física en el período de la investigación. Fue dentro de este contexto que buscamos realizar las entrevistas, consiguiendo la participación de los alumnos en diferentes momentos: durante dos semanas antes y en el transcurso de una semana después de la tercera visita. Conseguimos así entrevistar en el curso de tres semanas antes y después de la tercera visita, 31 alumnos del grupo. Entre los entrevistados (1/3) realizó dos entrevistas, en cuanto (2/3) apenas una entrevista.

Delante de las dificultades del profesor que acompañábamos de fuera por la grabación de algunas clases en la escuela y por la interacción que manteníamos en las reuniones de coordinación para la discusión del andamio de las acciones. Atendiendo a una proposición nuestra, para la tercera visita, el profesor concordó en prepararse para participar de la exposición trabajando directamente la programación establecida para la acción integrada. La idea surgió en razón de acompañar su desempeño delante de una función más activa delante de las estrategias que establecemos para trabajar la programación. Estábamos programando que el profesor haría la exposición en conjunto con el especialista. Cabiendo a nuestra participación acompañar las acciones del profesor y efectuar complementaciones cuando crea necesario. Teníamos aún un monitor de la exposición para auxiliar en la división de los alumnos en pequeños grupos en el momento

que envuelva una participación mayor de los alumnos en la manipulación con los experimentos.

En las evaluaciones anteriores en el acompañamiento que efectuábamos de fuera de la acción del profesor, en su procedimiento delante de las condiciones de trabajo, ya conocíamos las dificultades existentes por lo que fue posible acompañar en algunas actividades realizadas en la escuela. Lo que también venía siendo mostrado en la evaluación escrita que venían siendo realizadas y por las entrevistas que habían sido iniciadas con algunos alumnos antes de la tercera visita. Así, una participación más activa del profesor frente a nuestra programación correría en razón de tener que invertir en la tentativa de avanzar más, frente a las dificultades encontradas por los alumnos para enfrentar a la exposición. Para eso, un mayor dominio de conceptos básicos elementares tenía que haber sido alcanzado para surtir el efecto deseado, delante de lo que ya había sido hecho en las acciones anteriores. En la condición que los alumnos se encontraban en aquel momento, llevando en cuenta que ya habían vivido la exposición en dos visitas, necesitaríamos crear un hecho nuevo. Un hecho que pudiese llevar a la mayoría de los alumnos a readquirir la predisposición que habían perdido. La solución que encontramos junto al profesor, fue incluir la participación del alumno en esta visita en su criterio de evaluación (una idea que había sido pensada antes en la metodología de acción para provocar el interés del alumno). Siendo que, esta evaluación sería efectuada en función del desempeño del alumno en las evaluaciones escritas, observaciones presenciales y entrevistas efectuadas (momentos en que estaríamos acompañando el dominio conceptual en el área en estudio y en relación a las cuestiones y problemas traídos por los experimentos). Según el profesor, una buena parte del grupo aún se encontraba “dependiendo de nota”, es decir, estaba con un desempeño en las evaluaciones efectuadas insuficientes para obtener la aprobación anual en la asignatura.

Como teníamos que encontrar motivos para cumplir toda nuestra programación con interés y motivación, la salida encontrada, para provocar actitudes favorables en la última visita fue la de promover una actuación más directa del profesor frente a la exposición. Una visita que los alumnos, aún tendrían la oportunidad de mejorar su dominio conceptual relativo a la exposición en lo que sea posible. La última visita puede ser así considerada como la última actividad del proceso de preparación para contestar las últimas evaluaciones contenidas en el sistema de evaluación de esta investigación. A pesar de esta articulación para condicionar una predisposición a la participación en la tercera visita, existía una pequeña parcela del grupo, alrededor de unos seis alumnos, que se agarraban a todas las

iniciativas de la escuela favorables a la adquisición de conocimiento. Con esos alumnos el profesor no necesitaba cobrar la participación utilizando la amenaza de cumplimiento de requisitos en la asignatura para la conclusión. Por su vez, debemos recordar que, en las visitas anteriores, al rededor de mitad de los participantes, se mostraban inclinados a involucrarse con la exposición.

Delante del hecho de buscar un medio para el compromiso de los alumnos con la tercera visita, el profesor estaba preparándose para desempeñar una función más activa de su presencia en la exposición. Estábamos programando que el profesor haría la exposición, siguiendo las estrategias de la programación en su característica. Sería una forma de evaluar el conocimiento y el involucramiento del profesor con nuestra programación. Lo que no había sido mostrado de una forma definida, en relación a las estrategias de nuestra programación, Durante sus clases en la escuela. Así, de cierta forma, invertiríamos la función en este momento. Sin embargo, quedando el especialista en la condición de observador, desempeñando también el papel de acompañante y auxiliar, efectuando las complementaciones que fuesen necesarias. Por su vez, por el dominio de los procedimientos ya adquiridos en relación a los experimentos, estimularíamos aún más en esta visita la interacción por equipo. Teníamos un monitor de la exposición para auxiliar en este sentido de la interacción de los alumnos con los experimentos, en el sentido de formular cuestiones y sacar dudas. La verdad es que, en esta visita, teníamos que desempeñar mucho más la función de observador mientras que los alumnos tendrían que participar con una intervención mayor en los experimentos, en cuanto, el profesor tendría que mostrar su función de mediador frente a la programación de la exposición de estos experimentos.

### **5.2.9 Tercera Visita a la Exposición.**

Esta visita se caracterizó por una participación activa del profesor de la escuela en la presentación de la exposición, con el auxilio y supervisión del especialista. En esta última visita ya teníamos la casa ecológica inaugurada para visitación regular. La visita empieza por la casa, dónde íbamos a dar un énfasis mayor, para atender a una expectativa demostrada por algunos alumnos de conocer una casa elaborada con propósitos de minimizar los impactos ambientales de una casa convencional. El profesor inicia hablando sobre el material utilizado en la casa e el material convencional utilizado en la construcción civil. La idea era mostrar para los alumnos que fuimos a buscar en la naturaleza recursos

para la construcción de la casa que minimicen la energía extraída del medio ambiente por el material utilizado. La cuestión del aprovechamiento del agua de la lluvia por el tejado de la casa para algunas finalidades fue abordada, los muebles y el forro de bambú fueron cuestiones tratadas relativas a la reducción de los impactos ambientales generados por este tipo de edificación.

Los alumnos en su participación en la casa iban observando y hacían algunas colocaciones: *la casa queda más aireada... la casa de madera tiene una capacidad mayor de retener calor que la casa de albañilería, demorando para calentarse y para enfriarse... el bambú entra en descomposición más rápido que otras maderas....el material de las puertas y ventanas es de aserrín (pedazos de madera coladas y presionadas)...el bambú da termitas...*

A pesar del profesor en su exposición buscar enfatizar a través de la energía las cuestiones ambientales, algunos alumnos mostraban un sentido de dispersión en relación a nuestro recorte, para otros asuntos de sus intereses propios sobre la casa que no podríamos dejar de atender (de manera simplificada para no salirnos de nuestro tema). Los alumnos también buscaban cuestionar situaciones específicas en nuestro recorte, como: *porque el sistema de accionamiento del circuito eléctrico de la casa se encontraba expuesto en aquel local del interior de la casa y no en un lugar más reservado.*

Nuestra intención era dejar a los alumnos interactuaren bastante, sin embargo preocupados con las cuestiones conceptuales más complejas pertinentes a los asuntos conectados a nuestra programación que estábamos queriendo evaluar el nivel de dominio que podría haber sido alcanzado en esta etapa final. Así el profesor se mostraba más interesado y direccionado, a exponer la generación de energía eléctrica en la casa por célula solar y por inducción magnética a la energía eólica, sin envolver mucho tiempo con los detalles técnicos del circuito de la casa. Otro experimento que ya habíamos expuesto antes era el calentador foto-térmico de calentamiento de agua, ahora componiendo el calentamiento del agua en la casa para baño. Otro equipamiento alternativo como fuente de energía no convencional en la casa fue el biodigestor en la producción de gas para alimentar el funcionamiento de la cocina convencional (que se encontraba fuera de nuestro recorte). Eran las opciones presentadas en substitución al abastecimiento convencional de electricidad para el baño caliente y para el horno eléctrico. Estas eran nuestras mayores preocupaciones de exposición de la casa en la busca de diálogo con los estudiantes buscando estimularlos a cuestionamientos que no se alejen mucho de nuestro recorte. De

esta manera en la casa ecológica el profesor estaba tratando con elementos conceptuales contenidos en la mayoría de las estrategias didácticas (utilizando las **estrategias didácticas 2, 3, 4, y 6**).

Los alumnos interactuaban preguntando dentro de sus posibilidades e intereses, con las siguientes colocaciones: *¿El exceso de energía generado en la casa va a ser desperdiciado? ¿Existe diferencia en la generación eléctrica de verano para el invierno?* El profesor mostraba con su conocimiento y experiencia haberse preparado para la exposición, una vez que, procuraba contestar adecuadamente a los cuestionamientos de los alumnos. En momentos intermediarios entre sus colocaciones y entre intervenciones de los alumnos, efectuábamos alguna complementación cuando veíamos la necesidad de eso.

Después de tratar del sistema de generación, de la energía eléctrica en la casa (eólica y solar), iniciamos un procedimiento de interacción de los alumnos con el sistema de calentamiento de agua, dejando el agua de la ducha conectada. Buena parte de los alumnos interesados con esta cuestión procuraban tocar el agua que estaba en aquel momento, bien caliente por esta razón, los alumnos buscaban temperar el baño con la opción de la mezcla con agua fría. En este sentido preguntaron: *¿Cuál es la temperatura del agua que viene del sistema de calentamiento solar?* Se aprovechó esta pregunta para que él mismo respondiera: *que dependía de la intensidad de la irradiación solar.*

También cuestionaban sobre: *¿Cuál es la temperatura de baño Ideal?* Y sobre: *¿Cuál es la sensación térmica que sentían en esta temperatura?* Después de las justificativas dialogadas que deberían tomar como principio que no deben mezclar o confundir la temperatura del agua (colocada como una propiedad térmica de la materia), con la sensación térmica de la misma en nuestra piel (lo que deberían asociar a cambio de calor). En la secuencia del calentamiento de agua en la casa, algunos alumnos querían saber sobre la temperatura ideal del agua caliente para baño. Fue cuando interferimos colocando que esa era una cuestión intrínseca relacionada al metabolismo orgánico de cada uno. Que debería ser experimentada individualmente mezclando el agua fría con el agua caliente de las llaves de la ducha hasta llegar a la temperatura que mejor atiende, en aquel momento a cada uno. El profesor sintiendo la dificultad de avanzar para cuestiones de naturaleza física más compleja, invita a los alumnos para ir para el lado de fuera de la casa. Allí irían a observar la placa de calentamiento solar instalada en el tejado. La idea era que comprueben que se trataba del mismo sistema visto de cerca en las visitas anteriores. Verificamos en el diálogo con los alumnos, que algunos elementos del grupo mostraban en su vivencia

empírica, ya conocer el hecho de que los efectos de la transmisión de calor por irradiación solar ser más intenso en objetos ennegrecidos.

Cuanto a la función de la placa de vidrio que revertía el colector en la parte superior no estaban mostrando saber muy bien de su función, apenas hicieron referencia: *es para provocar el efecto invernadero* (sin saber describir en que se fundamenta el fenómeno según la **estrategia 6**). El profesor entonces se preocupó en conceptualizar colocando que, *se trata de un calentamiento adicional ocurrido en razón del colector ennegrecido absorber la luz visible y al mismo tiempo irradiar en la banda de infrarrojo que va a quedar la parte retenida en el medio transparente a la luz visible que causa el efecto...* (Según descrito por la **estrategia 6**). A nuestro ver, este era el tipo de conocimiento que mostraba para la mayoría de los alumnos, complejidad para comprensión. Para todos aquellos alumnos que aún mostraban dificultades en dominar este concepto, debería haber habido un trabajo con más tiempo, para el perfeccionamiento de este concepto que, a esta altura, se mostraba inviable alcanzar este objetivo.

Existía, sin embargo, un interés nuestro en evitar que el alumno utilice delante del fenómeno modelos económicos de transmisión de calor (con el pensamiento de que la energía solar se transmitía directamente para el agua, sin procesos intermediarios). El profesor así procuró mostrar que el proceso de transmisión de calor en este sistema contiene las tres formas de transmisión de calor, hasta llegar al agua caliente almacenada en un tanque con aislamiento térmico.

El profesor también trató con la intensidad de radiación solar, presentando valores de la potencia de luz irradiada por metro cuadrado. El profesor hablaba en el costo no muy alto de instalación de un sistema de estos, para una residencia y colocaba que estaba pensando en construir una para su casa por la facilidad y reducción de costos. Los alumnos, de la misma forma como en visitas anteriores, se interesaron mucho, por los detalles técnicos de cómo desarrollar un sistema de aquel tipo. Daban la impresión de asimilar los procesos de transmisión de calor que ocurría en el sistema, sin, mientras tanto participar con colocaciones relevantes en aquel momento.

Complementando los sistemas de calentamiento solar buscamos, con el auxilio de nuestro monitor de la exposición mostrar el funcionamiento del horno solar (estufa) y de la cocina solar (concentración de radiación por espejo cóncavo) para algunos alumnos interesados en el calentamiento solar, que en aquel momento se estaba procesando. Existía

aún el interés en aprovechar el momento de la visita a la casa ecológica para contextualizar lo que ahí mostrábamos como una perspectiva de sociedad sustentable, que podría atender a las cuestiones: de economía, salud y el medio ambiente. El profesor pasó a explorar estos aspectos con nuestro auxilio, relacionando el problema de la demanda energética, refiriéndose a lo que ocurría con los recursos naturales extraídos en la interferencia y degradación del medio ambiente (un aspecto de naturaleza socio-ambiental pertinente a una programación para alfabetización científica).

Ya se habían pasado 45 minutos de la visita a la casa y la parte externa de la exposición, cuando nos encaminamos para la sala de energía para complementar la visita. Los alumnos ya estaban en la tercera visita a los experimentos de la sala y por esta razón dejamos inicialmente que busquen interactuar en equipos, en lo que más interesaba. Los alumnos inicialmente fueron a buscar el contacto con los experimentos que no habían aún sido discutidos, por no estar contenidos directamente en el recorte investigativo efectuado. En este momento el profesor, el especialista y el monitor se dividieron en esta etapa de la visita para coordinar las acciones buscando auxiliar a los alumnos en las situaciones que en el momento despertaban intereses. Ya habíamos colocado, en las narrativas de las visitas anteriores que en el momento en que provocásemos el interés de los alumnos, con los experimentos buscaríamos atender sus expectativas colocando justificativas, estimulando preguntas y buscando respuestas sobre lo que estaba siendo mostrado. Inclusive cuando salían de nuestro recorte, buscábamos atenderlos en sus expectativas. Sin embargo, entre muchos aspectos explorados sobre el tema en la sala de energía, buscábamos siempre que posible, abordar más los conceptos más relevantes electos para ser trabajados en nuestra programación.

Cuanto al tratamiento de la generación de energía eléctrica, relativo a las **estrategias 2 y 3**, dónde los alumnos mostraban dificultades en la conceptualización en las visitas anteriores, el profesor procura efectuar una recapitulación de la energía mecánica y del trabajo realizado, en el experimento del loop (**estrategia 1**). El profesor en la oportunidad procuró asociar a los ejemplos de relación entre la variación de la energía cinética con la variación de la energía potencial gravitacional que había abordado en el aula en la fase de revisión y preparación, aún para la primera visita. A partir de ahí el profesor empezó a tratar del fenómeno de la inducción utilizando las **estrategias 2 y 3** con los procedimientos relativos a la comprensión de los conceptos y proposiciones relativos al fenómeno de inducción asociados a la ley de Faraday y a la ley de Lenz. Pasado este primer

momento de interacción con los fenómenos de inducción, los alumnos pasaron a distribuirse por equipos en diferentes experimentos existentes en la sala. Cuando también pasaron a trabajar con la generación electroquímica y fotovoltaica utilizando la **estrategia 4**. Para el final, dejamos el tratamiento de la estrategia **5** del accionamiento del generador electrostático. Por los cuidados que teníamos que tomar con el ruido que hacía el equipamiento, buscábamos dejar que el grupo interactúe con el experimento en conjunto, al final de la participación en la visita.

Después dejamos que los alumnos discutan ampliamente las diferentes formas de generación: por inducción electromagnética, por las pilas y por las células solares, concluimos la visita en la sala de energía, explorando el funcionamiento del generador electrostático simultáneamente con todo el grupo. El profesor, ya había sido informado sobre la manera que abordamos en la segunda visita, los fenómenos electrostáticos explorados y la manera como los alumnos procedieron en la interpretación de estos fenómenos. También ya había sido informado que los asuntos estudiados sobre electrostática en la escuela, en el semestre anterior, antes de iniciar en la práctica en la acción integrada, no habían auxiliado en una participación más efectiva frente a los fenómenos electrostáticos mostrados. El profesor inicia sus colocaciones buscando explorar los fenómenos dentro de su perspectiva anterior, buscando, mientras tanto, efectuar una transposición de lo que habían estudiado en la escuela para aquel momento. Este procedimiento utilizado por el profesor a pesar de ser considerado como correcto, a nuestro ver, estaba ocurriendo fuera de tiempo de validez de esta transposición. Sabemos de la tendencia erosiva y reduccionista que pasa todo conocimiento inclusive cuando incorporado en la mente de las personas con significados. Por otro lado, ya sabíamos por los acompañamientos en los comportamientos de los alumnos en la segunda visita, que el abordaje tradicional practicada por el profesor en la escuela (anterior a nuestra acción integrada), auxiliaría apenas en algunos puntos. Una vez que, por lo que acompañamos en la perspectiva tradicional de abordar ese asunto, no fueron desarrollados conceptos básicos importantes para enfrentarse a la exposición. Como los relacionados a los efectos del campo eléctrico transmitido al medio la interacción carga-campo, entre otros, dónde existiría la intención de servir de base para tratar de cuestiones relacionadas a la energía electrostática (energía potencial eléctrica). Para que con el generador en funcionamiento, pudiésemos efectuar la transposición didáctica en la justificativa de los fenómenos observados que hacían parte de nuestra programación didáctica.

Cuanto a nuestra observación en este último momento en el campo de estudio, tuvimos algunas dificultades en registrar todas las discusiones y diálogos mantenidos en aquel momento por grabación. Por las interferencias entre los diálogos simultáneos, entre los diferentes equipos distribuidos para interactuar con los experimentos, acompañados por los elementos responsables por la exposición. En lo que fue posible registrar, sobre el asunto tratado, por la asistencia del monitor, del profesor y del especialista, el tratamiento de la exposición ocurrió sobre la eficiencia de la transformación, sobre la conservación de la energía, sobre el trabajo realizado, sobre la capacidad de realizar trabajo para generación en función de la potencia de los componentes de los circuitos. Verificamos así que la preocupación mayor de los equipos formados continuaba a ocurrir en razón de lo que ya veníamos enfocando con más énfasis en las visitas anteriores (La ley de conservación, la ley que rige la eficiencia con que ocurren los procesos de transformación y la relación trabajo-energía), contenido que se encontraba presente en casi todas las estrategias que trabajamos. Así en la conceptualización sobre el tema, los invariantes a la que más se hacía referencia trataban de la conservación de la energía que tenía el propósito de relacionar todas las formas de energía desarrolladas en una cierta transformación. La ley que trataba de la eficiencia con que ocurría el proceso de transformación haciendo referencia conceptual a la relación entre la energía primaria de entrada y la energía secundaria (útil) de salida. No se procuraba relacionar en los generadores por inducción al trabajo realizado, la potencia generada y suministrada para el funcionamiento del circuito; buscaban relacionar la intensidad de la luz en la célula fotovoltaica con la potencia generada; y buscaban asociar que, existía un trabajo siendo realizado o el apareamiento de energía potencial eléctrica, a partir de la reacción química que iba siendo provocada en la inmersión de las placas en la sustancia ácida, en el efecto electroquímico de las pilas, se relacionaba la potencia generada. En cuestiones como estas parecían existir cierto dominio conceptual en diferentes niveles, con relación a una pequeña parcela del grupo que participaba mostrando algún aprovechamiento en aquel momento.

Observábamos así que al rededor de la mitad de los alumnos visitantes con una participación diferenciada, se preocupaban en asociar dentro de sus limitaciones en procedimientos y lenguaje, cierto dominio conceptual de aspectos genéricos y más conectados a hechos que pudiesen ser asimilados en la práctica. Era mostrado que, en algunos aspectos de naturaleza general de la conceptualización se había adquirido una mayor vivencia para referirse a los fenómenos. Sin embargo la otra parcela alrededor de la mitad del grupo mostraba no tener una preocupación en explicitar la naturaleza de los hechos, no

consiguiendo recordar o asociar a los experimentos las colocaciones de naturaleza más general que nos acabamos de referir. Saliendo de los aspectos generales para puntos específicos relativos a detalles del efecto de inducción, del efecto electroquímico y del efecto fotovoltaico, no tuvimos condiciones en este momento de visita, de acompañar individualmente el nivel en que ocurría ese dominio conceptual. Creemos, sin embargo que, algunos elementos del grupo, parecían ejercer cierto involucramiento con conceptos y proposiciones (leyes, definición y relaciones) de naturaleza más abstracta y detallista de la programación.

En el cuadro general quedó la impresión que, la mayoría de estos alumnos no conseguían adquirir una consciencia definida de los conceptos más abstractos que justificarían físicamente cada fenómeno. Así, los alumnos desde el inicio del acompañamiento, en su gran mayoría, se mostraban inclinados a conocer bien más las razones de naturaleza tecnológica (¿Para qué sirve el equipamiento mostrado en la exposición?), de que conocer la complejidad conceptual relativa a los fenómenos traída por las ideas abstractas de la Física. Los alumnos continuaban a mostrar más facilidades y destrezas con los aspectos tecnológicos y socioeconómicos, a pesar de iniciar a explicitar más la comprensión que tenían de algunos aspectos conceptuales relativos a los modelos conceptuales más simplificados apoyados en razones verificadas en la práctica.

En esta instancia investigadora no era posible conseguir avanzar más en el propósito de la conceptualización física explorada por la programación de enseñanza de los fenómenos en sus especificidades, delante de los hechos colocados. Los alumnos ya habían mostrado hasta dónde podrían llegar sus intereses, actitudes, procedimientos y capacidad de involucramiento con la propuesta. Ya habían mostrado en este período de acompañamiento, en que nivel y en qué aspectos podrían concentrar su potencial cognitivo en la comprensión de los hechos. El hecho de haber visitado nuevamente los experimentos en esta última visita en la perspectiva del discurso y del lenguaje del profesor (que en nuestra evaluación, desempeño su tarea satisfactoriamente), fue un procedimiento que, a nuestro ver, funcionó, en el sentido de aún crear un compromiso y una predisposición para el aprendizaje. En relación a lo que despertó mayor interés, en esta visita, fue la casa ecológica, que se mostró como mayor atractivo por ser novedad. Causó interés y curiosidad, prácticamente a todo el grupo (era la primera vez que estaba siendo mostrada para ellos integralmente, en todos sus aspectos diferenciadores de una casa convencional).

Los alumnos en esta fase final mostraban estar un poco más familiarizados con el manoseo de los equipamientos y con los fenómenos. Demostrando dar más sentido a la comprensión de los hechos dentro de las limitaciones a la que ya nos referimos. Hicimos lo posible para hacer con que los momentos de la exposición resulten en una incorporación significativa del contenido más amplia. Nuestra impresión final es que, en la sucesión de los acompañamientos en las visitas, no hubo un progreso satisfactorio en el aprendizaje de la programación propuesta, que pudiese ser considerado expresivo y extensivo a todos los participantes. No observamos en el comportamiento de la mayoría de los alumnos en esta visita final, ningún hecho nuevo, que muestre grande diferenciación relativa a progresos en el contenido de la programación.

Lo que quedó caracterizado fue que, la programación en sus diferentes aspectos no precisaría ser más extendida en sus elementos conceptuales. El mejor procedimiento a ser efectuado en este último momento fue acompañar en la interacción de los alumnos con los experimentos, el pequeño progreso que existió en la evolución de la base formada en elementos conceptuales en relación a lo verificado en visita anterior. En nuestra comprensión esta visita fue diferente, por tener la presentación y discusión de los experimentos a cargo del profesor del grupo. Que con sus características mostró otra forma de abordar, con la cual los alumnos estaban más acostumbrados, en el día a día de la escuela.

La visita tuvo dos horas de duración en la exposición de los experimentos. Muchos alumnos al final se mostraban cansados y el grupo ya estaba preocupado en retornar a la escuela, pues serían liberados de las demás actividades académicas del día. En esta visita tuvimos la participación de veintiocho alumnos del grupo, teniendo la participación de algunos ausentes y la ausencia de presentes en visitas anteriores. Existió en este estudio cierta fluctuación cuanto a la participación de los alumnos en las tres visitas, a pesar de la iniciativa del profesor de cobranza relativa a la presencia, cuando procuró integrar las mismas a su evaluación regular en la escuela.

Como Comentario final de la tercera visita, queremos expresar que no teníamos expectativas favorables que los alumnos puedan nos sorprender en esta última visitación. Por el acompañamiento de algunas aulas que ocurrieron antes de esta visita, por las evaluaciones escritas y entrevistas, desarrolladas en la escuela. Mientras tanto, consideramos que hubo algunos progresos, en la sucesión en el acompañamiento para cierta parte de los alumnos que comparecían y se envolvían más efectivamente con nuestra programación. El

hecho más sorprendente fue la participación del profesor de forma bien actuante y bien ilustrativa. El profesor que conocía nuestra exposición en su totalidad, mostró conocer el recorte efectuado por nuestra programación y tuvo en este momento la capacidad de trabajar en una perspectiva de un sistema CTS de enseñanza. Inclusive no habiendo invertido adecuadamente en la escuela en nuestra programación de acción integrada, mostró que tendría condiciones de hacerlo.

Naturalmente que muchos esfuerzos de nuestra parte fueron efectuados en esta acción integrada para que alcancemos mejor éxito posible en el perfeccionamiento conceptual de la programación. A nuestro ver, la mayoría de los alumnos participantes con predisposición mostró evolucionar en aspectos de naturaleza técnico-científica consiguiendo alcanzar cierto dominio conceptual. Vimos que la dificultad mayor no reside simplemente en el hecho del profesor haber emprendido sus acciones con énfasis en la enseñanza tradicional (creemos que un mejor desempeño para la constitución de una base conceptual habría habido si hubiese emprendido en una programación para la acción integrada desde el inicio). La raíz del problema, que también originó dificultades en las intervenciones del profesor en el aula, trasciende una u otra metodología de trabajo que podría haber sido emprendida. El grande problema para alcanzar un mejor aprovechamiento de la exposición fue la falta de preparo traída de series anteriores. Faltaban habilidades en procedimientos y actitudes para interpretar los hechos, y dominio en el lenguaje, en razón del contenido físico. Estos alumnos mostraron que tuvieron muy poca oportunidad en la vivencia escolar para desarrollar potencialidades cognitivas en la exploración de conocimientos dentro de lo que planeamos. Es con mucha preocupación que vemos al final de la enseñanza, como fueron “formados” esos alumnos en su trayectoria escolar. Lo que puede estar causando una desestructura total en la enseñanza secundaria de la red pública estadual.

Para conclusión de nuestra acción vamos retornar al aula para aplicar las últimas evaluaciones escritas y para realizar las entrevistas previstas para el final de este estudio. Las evaluaciones escritas serán utilizadas en una triangulación para traer más subsidios al análisis cualitativo que acabamos de describir. Mientras tanto, los resultados de las entrevistas realizadas mostrados en el ítem siguiente, deben traer más subsidios a una interpretación cualitativa final de los resultados.

### **5.2.10 Las Entrevistas.**

Las entrevistas tenían el propósito de buscar una información individualizada entre los elementos del grupo, referente al trabajo desarrollado frente a los experimentos y en el aula. Sin embargo algunas veces ocurrieron individualmente y otras veces, involucraron simultáneamente, algunos elementos del grupo (entre dos y cinco alumnos al máximo), con preguntas dirigidas individualmente, pero que se permitía y se requería la interferencia y contribución de otro entrevistado.

Las entrevistas fueron utilizadas también como un momento de instrucción para el alumno, en que podría ocurrir orientación para reformulaciones para una concepción correcta de la respuesta en el momento del diálogo. Esta intención de auxiliar ocurría a través de colocaciones del especialista sobre el fenómeno tratado, en razón de orientarle, recordarle o despertarle la colocación de una respuesta. De esta forma el nivel emprendido del discurso del especialista en la negociación de respuestas, quedaba en la dependencia del posicionamiento asumido por el entrevistado en relación a la calidad de las respuestas proferidas a las cuestiones de interés de nuestra programación. Lo que al final estableció los criterios clasificatorios del desempeño del alumno en esta evaluación.

La Entrevista en la evaluación de la investigación cualitativa descriptiva exige una secuencia lógica de procedimientos en los cuestionamientos efectuados para validar las informaciones necesarias de lo que estaba siendo acompañado en el campo de observación. El referencial teórico sobre el tema energía con el recorte efectuado de la exposición fue el filtro a través del cual elaboramos los conceptos relevantes en nuestra programación. Estableciendo lo que iba a ser problematizado o cuestionado con indagaciones y preguntas trazadas por un guía, que tomaba por base los objetivos propuestos en la acción integrada. Para eso era necesario que el alumno muestre su desempeño, con relación a los cuestionamientos de las situaciones de enseñanza-aprendizaje que iban siendo colocadas durante el estudio. No habiendo retorno inmediato de la explicitación de conceptos y proposiciones que traiga la solución, buscaríamos un diálogo que permitiese al alumno discurrir y viabilizar sus pensamientos, reflexiones y tendencias interpretativas, que pudiese llevar a una respuesta favorable. Los cuestionamientos efectuados seguían una formulación flexible en consonancia con la dinámica de las respuestas y con el discurso del sujeto.

El hecho de no efectuar una selección previa de las personas entrevistadas en el grupo que pueda fornecer datos útiles dentro del cuestionamiento que sería levantado, se

debió al hecho de que buscamos evaluar en este estudio, prácticamente, todos los elementos (tuvimos 31 entrevistados). Con participación en por lo menos una entrevista. Entre estos elementos entrevistados, por lo menos, entre 20 a 22 alumnos del grupo, participaron efectivamente de las actividades de la programación. Conforme ya nos referimos antes, con casi todos, participando de las tres visitas a la exposición.

Es importante ser llevado en cuenta que en la negociación de respuestas adecuadas dentro del diálogo, existe una simultaneidad de interlocuciones entre entrevistador-entrevistado, donde el entrevistador penetra en la existencia para el hecho en cuestión del entrevistado. Por otro lado, el entrevistado en el diálogo también evalúa las razones del entrevistador, construyendo subsidios, criando una imagen, construyendo la representación de un modelo que pueda atribuir una identidad en la descripción de los hechos que se encuentran en cuestionamiento. En esta trama de busca de relaciones negociadas, se exigen esfuerzos, límites de donde cada uno puede llegar a la interpretación de sus papeles. Mientras el entrevistador indaga, analiza, registra, y estimula reacciones en el otro, el entrevistado con el auxilio recibido o no, organiza y selecciona ideas, monta implícitamente sus esquemas o modelos representacionales, a partir de sus recuerdos, de sus sentimientos, de su capacidad disponible (potencialidades cognitivas) de lidiar con el hecho. En este proceso de negociación las respuestas sin mucha reflexión y elaboradas como síntesis de observaciones puras, simples y pensadas por modelos mentales económicos en representar el hecho, sin una objetividad inicial para extraerse informaciones relevantes, pueden ser consideradas o no. Una vez que, en la negociación de una respuesta adecuada, averiguaremos la posibilidad de reformular la idea inicial o no, lo que puede servir posteriormente como referencia en nuestra interpretación evaluativa del conocimiento del alumno. En estos casos el entrevistador precisa ejercer un control a través de recursos metodológicos apropiados que pueda reflejarse en un estímulo para una acción del entrevistado. Que lleve a una mayor reflexión, donde pueda colocar una información más pertinente y completa dentro de la capacidad que dispone en su estructura cognitiva para lidiar con ideas de la Física.

Buscábamos siempre mantener durante las entrevistas cierto relacionamiento armónico con el grupo demostrando la afectividad, el respeto, la buena intención y la consideración. Buscando dejar a los alumnos a gusto para ejercer con tranquilidad sus razones y atribuir significados en lo que conocían sobre el asunto. Para crear un clima aún más favorable, iniciamos buscando buscar informaciones de intereses más amenos sobre lo

que tenían a contestar. Era relativo a su formación en la enseñanza primaria y secundaria, a las perspectivas futuras y sobre el papel de nuestra acción integrada en su formación. Así al inicio preguntamos: sobre las pretensiones de continuar los estudios, solicitando el área o carrera de interés; sobre si la Física despertaba interés; sobre el número de veces que fueron a visitar la exposición en este trabajo con la escuela; sobre si la Física de la escuela a partir de la exposición despertó mayor interés. Las informaciones buscadas en este primer momento están siendo hechas para traer más subsidios a las dificultades encontradas por lo alumnos en la participación y de levantar los pros y los contras en nuestra programación de visita y en su extensión de la programación de la escuela. Las informaciones relevantes transcritas en esta primera etapa no van a tener influencia directa en la clasificación de las entrevistas para efecto de evaluación.

Después de ese primer momento, se inició la fase de busca de información para averiguar el dominio de la programación trabajada por las estrategias didácticas. Normalmente, iniciábamos preguntando: sobre qué es lo que le llamó más la atención entre los experimentos visitados en el que trabajamos; en razón de su interés, buscábamos explorar el dominio conceptual relativo al experimento (las energías desarrolladas en las transformaciones, la justificativa teórica del fenómeno, la eficiencia del proceso, entre otras informaciones). Los elementos de conocimiento relevantes que estábamos buscando, quedaban en la dependencia de las respuestas iniciales y de la capacidad de absorción, referente a la orientación ofrecida por el especialista para la respuesta.

Dependiendo de la capacidad, del discernimiento, de la dinámica, y de la predisposición para respuestas, y de la opción inicial para el experimento puesto en enfoque, preguntábamos sobre cuáles son las formas de generación de energía eléctrica que fueron vistas en la exposición. La iniciativa y la calidad de la respuesta condicionaban a la intervención y la intermediación del especialista en el sentido de la continuidad o no para ir negociando o profundizando los cuestionamientos en sus especificidades. En algunos momentos de la entrevista de algunos alumnos, buscamos explorar la existencia del aprendizaje momentáneo durante la visita, en el contacto con los experimentos. Buscamos aún saber en momentos oportunos del diálogo informaciones de naturaleza tecnológica de los experimentos visitados, relacionados a los problemas ambientales y socioeconómicos. No teníamos el objetivo con las entrevistas de explorar el conocimiento en una gran diversidad de experimentos. Dependiendo de la capacidad mostrada en contribuir, con

informaciones relevantes íbamos a buscar envolver un número máximo de tres experimentos.

En el análisis de los resultados de la entrevista, uno de los criterios utilizados en el procedimiento de establecer las categorías de clasificación de las entrevistas, fue en función de la capacidad y predisposición para actitudes favorables, en contestar a los cuestionamientos con informaciones relevantes sobre conceptos y proposiciones que estábamos preocupados en saber los significados atribuidos. Utilizamos también otro criterio para elaborar esta clasificación en una adaptación simplificada del procedimiento de análisis de conversación ya descrita en el capítulo anterior (Flick, 2004) . Según este análisis, las entrevistas deben utilizar como criterio los siguientes pasos: primero buscar identificar en un enunciado o en una serie de enunciados, elementos potenciales de información (conceptos y proposiciones), que puedan mostrar el dominio conceptual adquirido sobre la nueva información (La programación constante de la visita). Lo que fue efectuado por las transcripciones de lo que se encontraba gravado o por registros escritos del testimonio de cada alumno. Después, analizar como esos elementos potenciales de información reproducen, solucionan, o justifican el problema (relativo al experimento cuestionado). A partir de ahí, evaluamos cada entrevista dentro de categorías desarrolladas para clasificación. Por información relevante debe ser considerada toda respuesta que solucione totalmente o parcialmente el problema, en algunos de sus aspectos, de naturaleza física, tecnológica y contextual. Eran informaciones inicialmente levantadas en sus aspectos más generales e inclusivos en relación al área de estudio, más que en la continuidad, en una secuencia favorable de respuestas, podrían entrar en negociación significados frente a las especificidades conceptuales. Deberían así envolver respuestas a los cuestionamientos que envuelvan los conceptos, leyes, definición y relaciones relevantes que propusimos en las estrategias didácticas de trabajar la programación.

En la clasificación de desempeño en las entrevistas, las categorías van a ocurrir en razón de la capacidad y predisposición para actitudes de respuestas que muestren la dinámica en dar la respuesta con un lenguaje del discurso adecuado para promover apenas la información conceptual relevante requerida en los aspectos científicos, técnicos y contextuales relativos a los experimentos. Elegimos cuatro categorías de entrevistados para evaluar las entrevistas: (1) La de los más capaces en promover informaciones en conceptos relevantes en el contexto de la investigación (todos aquellos que dieron informaciones relevantes en algunos aspectos del cuestionamiento sin la necesidad constante de auxilio del

intermediador); (2) la de los con capacidad intermediaria en promover informaciones en conceptos relevantes en el contexto de la investigación (todos aquellos que sólo conseguirán dar alguna información relevante, apenas en ciertos aspectos del cuestionamiento, con auxilio constante del intermediador); (3) la de los menos capaces en promover informaciones conceptuales relevantes en el contexto de la investigación (todos aquellos que con auxilio del intermediador a veces dieron y a veces no dieron informaciones relevantes apenas sobre ciertos aspectos del cuestionamiento y aún pueden haber respondido de forma simplificada); (4) la de los incapaces en promover informaciones conceptuales relevantes en el contexto de la investigación (todos aquellos que, con auxilio del intermediador no conseguirán dar informaciones relevantes en un nivel mínimo que pudiese atender en algunos aspectos al cuestionamiento).

EL cuadro de los resultados obtenidos por categoría de desempeño de los entrevistados se encuentra mostrado en la **tabla-1** abajo.

**Tabla-1: Resultados de las Entrevistas.**

CATEGORÍAS DE DESEMPEÑO	ALUMNOS	FRECUENCIA (%)
1) más capaces en informaciones relevantes.	Ningún	Cero
2) capacidad intermediaria en informaciones relevantes.	1; 5; 16; 30	4 (13 %)
3) menos capaces en informaciones relevantes.	4; 7; 8; 9; 10*; 15*; 17; 20*; 28; 31*; 33.	11 (35 %)
4) incapaces en informaciones relevantes.	2; 3; 6; 11; 12; 14; 18; 19*; 21; 22; 23*; 24; 25; 26; 27; 32*.	16 (52 %)

**Observación:** el alumno enumerado con asterisco significa situaciones próximas a la categoría superior.

Como puede ser visto en la **tabla-1** de resultados conseguimos durante el estudio entrevistar 31 alumnos de los 34 que constan de la **tabla-1** (de los alumnos que participaron de las evaluaciones escritas). Todos los entrevistados fueron a la visita de la exposición, por

lo menos, dos veces. En la clasificación efectuada, la frecuencia muestra que ningún alumno tuvo el perfil en la entrevista para destacarse en el grupo con el desempeño de informaciones relevantes de la categoría (1). Tuvimos, mientras tanto cuatro alumnos con un perfil intermediario en informaciones relevantes, lo que corresponde a aproximadamente 13 % de los entrevistados. Este resultado es un registro de que la mayoría del grupo no estaba preparada adecuadamente, con una base conceptual para enfrentar las situaciones complejas en el campo de estudio. A través de las entrevistas observábamos que los subsunores no eran adecuados para llevar a las actitudes, procedimientos, dominio de lenguaje, que en la negociación de las respuestas pudiese atender nuestros objetivos. Por los registros efectuados en nuestro análisis cualitativo y pruebas documentales del rendimiento en algunas de las evaluaciones escritas efectuadas y ahora delante de lo que era mostrado en las entrevistas estábamos bien lejos de obtener resultados más favorables, a lo que era deseado. En verdad, la posibilidad de atender nuestras hipótesis iniciales de una acción integrada que promueva el desarrollo conceptual y la actitud favorable en lidiar con cuestiones/problemas de nuestra programación, en el curso de la investigación, estaba cada vez más lejos de ser alcanzada por la mayoría de este grupo.

En las entrevistas, consideramos que, las categorías (1) y (2) establecidas en la sistematización de los resultados individuales, fueron nuestro divisor del comportamiento satisfactorio para el no satisfactorio. En el sentido de que frente a la acción integrada, si la mayoría del grupo (mitad más uno) atendiese por lo menos la categoría (2) o asociadamente las categorías (1) y (2) en conjunto, por las entrevistas el desempeño del grupo sería satisfactorio. Como estuvimos muy lejos de alcanzar este perfil de desempeño satisfactorio para el grupo, vamos a buscar con los resultados obtenidos evaluar lo que fue posible conseguir en ese estudio que favoreciese al aprendizaje dentro de lo que fue posible hacer delante de lo planeado. Observamos en los resultados que 35 % del grupo se situaron en la evaluación de la entrevista, entre los menos capaces en dar informaciones relevantes que sumados a los 13 % con desempeño regular, vamos a tener 48 % del entrevistado. Vale aquí una observación, que cada alumno entrevistado entra en el porcentaje con aproximadamente 3 %. De esta forma el cuadro de entrevistas de cierta forma muestra, incorporando la categoría (3) de obtención de poca información relevante que, en algunos aspectos, de naturaleza interpretativa más simple y generalista de los fenómenos físicos y relativos a la tecnología asociada, muestra que la acción integrada relativa a los experimentos de la exposición, haber surtido un pequeño efecto favorable. Este efecto diferenciado ocurrió en prácticamente mitad del grupo. Los registros efectuados en la

descripción del estudio, indicaban que a pesar de las dificultades del grupo en atender nuestra propuesta, mitad del grupo mostró cierta predisposición por la acción integrada, lo que condice con los resultados de la entrevista.

Para dar una idea más detallada de esa nuestra interpretación y de los pros y contras en el desempeño de los alumnos, estamos narrando algunas de las entrevistas. Que están siendo presentadas, en orden decreciente de la clasificación de desempeño. Estamos narrando apenas, los puntos de interés de las respuestas en que, la información pasada, aumenta favorablemente o desfavorablemente en algún aspecto, la información que pretendíamos obtener. La cantidad de entrevistas presentadas por categoría, de cierta forma, tiene una relación con la frecuencia de ocurrencia de la clasificación en la categoría, pero llevan también en cuenta, registros importantes y triangulaciones efectuadas con otras pruebas documentales, que necesitaban ser comentadas. Buscamos colocar en la narrativa escrita abajo, las consideraciones e interpretaciones del entrevistador, relativa a la entrevista en sí, o a partes relevantes del diálogo entrevistado-entrevistador, en el sentido de buscar los elementos potenciales de información relevante para este estudio. Buscamos averiguar si estos elementos colocados en la justificativa de los alumnos, relativos a los experimentos, reunía argumentos que solucionen o no el problema. Para luego insertar al alumno dentro de una de las categorías clasificatorias establecidas, conforme mostraremos a seguir:

**Alumnos con capacidad intermediaria en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación (categoría 2):**

**Alumno 05:**

El alumno era participativo una vez que, procuraba efectuar constantemente intervenciones en las visitas a la exposición y en el aula. En la primera entrevista que efectúo, colocó que tenía interés en hacer el curso de Informática en la continuidad de sus estudios. El alumno parecía: *demonstrar tener alguna afinidad con la Física a pesar de que su formación escolar no le ha proporcionado una base necesaria en la materia*. Cuando le preguntamos, ¿Qué es lo que te interesó en la exposición? ¿Y las transformaciones de energía ahí verificadas? Respondió en haberse interesado por la generación de las hidroeléctricas, y cuando exploramos su respuesta en la segunda pregunta., asoció que: *en el lago formado se encontraba almacenada la energía potencial* (según había sido ilustrado en nuestra maqueta de la hidroeléctrica). Continuando en la negociación de la respuesta se refería a: *la transformación de energía potencial en cinética en la caída de agua*. Cuanto a

la transformación de la energía mecánica en eléctrica el alumno se restringió a hablar que: *existía la necesidad del esfuerzo para causar el movimiento a la turbina*, sin entrar en detalles con relación al fenómeno de inducción (relativos a la ley de Faraday y a la ley de Lenz). En la secuencia le recuerdo al alumno un episodio que ocurrió con él, durante una de las visitas. Colocando para el alumno que, en un abordaje hecho por el especialista sobre la generación en las pilas, cuando fue colocado que, el campo eléctrico provocado por sus electrodos en la atmosfera atraía cargas a punto de que con el tiempo las pilas iban a descargarse. Cuando de repente, el alumno, de forma súbita, exclama: *Ah! es por eso que las pilas nuevas vienen embaladas...* (El alumno recuerda el hecho). Retomando este tema con el alumno, en la entrevista, buscamos inicialmente preguntar el concepto que él hacía del fenómeno químico-eléctrico (o electroquímico) ¿Qué es lo que hace funcionar a las pilas? (tener la capacidad de producir energía potencial eléctrica entre sus terminales). El alumno en la negociación de la respuesta hizo referencia a que: *una reacción química... que transformaba energía química en energía eléctrica...* (Sin especificar la naturaleza de la reacción, que llevaba a las placas a electrizarse con cargas eléctricas de señales diferentes). A pesar de que él no ha mostrado un dominio amplio en el fenómeno de la generación químico-eléctrico en este momento, quedó evidente que hubo durante la exposición, una racionalización en el sentido de la asociación del fenómeno físico que causaba la descarga de las pilas inclusive sin uso, por el contacto con la atmosfera; lo que genera la necesidad de que las pilas se tienen que vender embaladas (con los electrodos aislados eléctricamente de una atmosfera externa renovable). En la continuidad de la entrevista cuando el alumno es solicitado de tratar del significado atribuido al concepto de efecto fotovoltaico: efectúa su respuesta inicialmente con la siguiente colocación, *fue interesante la visita... nunca había tenido contacto con paneles fotovoltaicos encendiendo lámparas y funcionando el ventilador...y aquello fue sorprendente....*; en la secuencia preguntamos: ¿Y las transformaciones de energía ocurridas? *La transformación era energía solar que se transforma en eléctrica... la eficiencia era baja...*; preguntamos: ¿La energía se conserva en esta transformación? *Sí...* (Sin saber explicitar las formas, la energía que aparecían después de la transformación), pues en la negociación con el entrevistador responde: *...si pierde en otras formas...* (Que no se recordaba, a pesar de dejar explícito haber conservación). El alumno así se omitió de tratar de especificidades del fenómeno en la generación de la célula solar, demostrando no conocer y no haber leído ni estudiado sobre el asunto.

### **Alumno 01:**

Visitó la exposición todas las tres veces e hizo el examen de admisión para la universidad, en Administración habiendo sido aprobado. Con relación a la acción integrada el alumno relató: *aquí nosotros aprendemos* (Se refería a la escuela) y *allí nosotros tenemos una especie de refuerzo* (Se refería a la visita). Preguntado sobre las cuestiones de Física en el examen de admisión: ¿Nuestra acción en el trabajo, en cooperación con la escuela, te ayudó a contestar alguna cosa? El alumno respondió: *que había alguna cosa que me ayudó pero no me recuerdo... no me gusto la prueba... no me recuerdo de nada, me dio un apagón...no me recuerdo si acerté la cuestión* ¿Y el dominio de la Física a partir de la acción integrada? El alumno apenas colocó: *me he dedicado muy poco a la lectura del material fornecido (...)*. Abriremos aquí un paréntesis para una triangulación, para informar que, este alumno ya había mostrado desde el inicio, una regularidad en la elaboración de los dos mapas conceptuales hasta entonces realizados. Sin embargo, obtuvo un rendimiento insuficiente en el **TANC-1** que envolvía conceptos específicos relacionados a los experimentos. Por su vez, en el **cuestionario-1** de conceptualización, el alumno presentó un rendimiento insuficiente, de cierta forma, contradiciendo su perfil en la elaboración de los mapas. En el acompañamiento de las actividades durante la investigación, como en los momentos de la exposición, el alumno venía demostrando una capacidad para el dominio de la programación que era presentada en sus aspectos generales. Creemos que, por algún motivo, no tuvo interés o le faltaba una base necesaria en profundizar, en las especificidades de cada fenómeno. Ese perfil se reflejó en la negociación de algunas informaciones que justificarían los fenómenos que registramos en la entrevista. El alumno participó con informaciones satisfactorias cuando le preguntamos: ¿Cuáles son las tres formas de generación de electricidad para consumo? respondió: *por inducción, la célula solar y la pila...* ¿Y los aspectos de las energías desarrolladas en las transformaciones por inducción? ¿Y cuanto al valor de la eficiencia? El alumno no se sintió seguro y se omitió en tratar de las especificidades de los fenómenos. Como estuvo faltando una mayor dedicación de tiempo del profesor para el estudio más efectivo de las cuestiones experimentales en el aula, puede haber faltado una mayor cobranza y estímulos a la predisposición para la lectura de los textos. Cuando el alumno en su colocación se refiere a la escuela como el espacio más adecuado para desarrollar su aprendizaje, esta naturaleza de la función de la escuela es incontestable. Sin embargo la idea de utilización del museo apenas como un refuerzo puede retratar que la acción integrada ocurrió apenas en algunos momentos, con los experimentos

siendo usados apenas como un refuerzo a las acciones tradicionales de la asignatura y no como punto de partida para muchas acciones en la programación de la Física en la escuela.

### **Alumno 30:**

Visitó la exposición dos veces y se interesa en continuar sus estudios en el área de salud. La acción integrada despertó su interés y motivó más que la enseñanza convencional de la escuela. Cuando preguntado sobre qué es lo que más despertó su interés en la exposición, se refirió a la *mini-usina hidroeléctrica*. Preguntado sobre los fenómenos que producían la generación, mostró utilizar un lenguaje científicamente adecuado para hablar en síntesis con la intermediación del entrevistador: de la transformación de la energía *mecánica potencial gravitacional para cinética...* que iba a mover las palas de la turbina del generador que: *exigía esfuerzo...* ¿Qué es lo que realiza, el esfuerzo? Respondió: *el trabajo necesario a la generación de la energía eléctrica*. El alumno cuando preguntado sobre el fenómeno de la inducción no supo posicionarse en sus especificidades asumiendo que: *para la generación era exigido el trabajo mecánico*. Cuando le preguntamos: ¿En algún momento de la visita en los experimentos mostrados, te despertó algún tipo de aprendizaje súbito? El alumno se manifestó colocando que *no me recuerdo que eso pudiese haber ocurrido*. En nuestra interpretación, por la participación en las visitas demostrando interés, atención, y con algunas intervenciones, el alumno mostró un comportamiento diferenciado de la mayoría del grupo. En una triangulación con su evaluación escrita, el alumno presentó en el **mapa-1** una regular definición cayendo en el **mapa-2** para poca definición y presentó en el **TANC-2**, un rendimiento insuficiente (no respondiendo al **TANC-1**). Los mapas del alumno: uno con definición regular y el otro con poca definición, fueron elaborados envolviendo conceptos más de naturaleza general. Diferente del test TANC que evaluaba relaciones entre conceptos generales y específicos con las cuales el alumno obtuvo un rendimiento muy bajo (insuficiente), demostrando no saber relacionar los conceptos desarrollados en sus especificidades. Esta característica presentada en la comparación entre los resultados obtenidos en estas dos modalidades de evaluación escrita, que miden la capacidad del alumno en el relacionamiento entre los conceptos, se mostró compatible con el acompañamiento que efectuamos de las intervenciones del alumno en el estudio y con el resultado de la entrevista. El alumno así muestra en la entrevista estar situado en el asunto dentro de algunos de sus aspectos generales (relativos a las energías envueltas en los experimentos con sus transformaciones, sin entrar en las características específicas de cada

fenómeno), sin la preocupación de se detener en detalles y especificidades relativos a los hechos acompañados.

**Alumnos menos capaces en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación (categoría 3):**

**Alumno 08:**

El alumno efectuó dos entrevistas, una antes de la tercera visita y la otra después. Cuanto a la continuidad de sus estudios, colocó que quería se formar en geografía, sin embargo también le gustaba teatro. El alumno al inicio no mostraba mucha disposición alegando que en aquel día su memoria no estaba muy buena. Sin embargo con algunas consideraciones más, de que eso le ayudaría a activar su memoria en lo que fuese posible, se dispuso a efectuar la entrevista. Relatando sobre que le despertó interés en la exposición, el alumno colocó: *aquello...del escalofrió de los pelos, yo tenía duda de que eso pudiese suceder de verdad... vi por la visita que el pelo subía de verdad* (Las razones para eso, supo justificar) *los pelos se electrizaraban con carga de la misma señal y se repelían*). El especialista en la continuidad deja el tratamiento del generador electrostático, para preguntar: ¿Qué otras transformaciones en la generación de energía son mostradas para el consumo? Para facilitar la respuesta en el diálogo con el alumno son recordadas las formas de transformación: por inducción, la electroquímica y la fotovoltaica. El alumno no sabe contestar y apenas colocó que: *me quedé más concientizado...* (Quería referirse a la naturaleza tecnológica con que se procesaron los fenómenos mostrados en sus generalidades). El entrevistador provocaba colocando: ¿Qué sabes sobre energía? El alumno piensa y no responde. El entrevistador hace una nueva pregunta: ¿Cuáles son los tipos de energía mecánica en la hidroeléctrica? El alumno responde: *es la cinética* (colocando inicialmente duda)... *es mecánica*. El especialista mostrando haber acatado la información favorablemente, pregunta: ¿Cuál es el otro tipo de energía mecánica allí existente? El alumno inicialmente se queja de su memoria, sin embargo con ayuda en el diálogo se refiere a la *energía gravitacional*. De nuevo el especialista provoca: ¿Y la eficiencia es total (100 %)? El alumno en duda expresa: *creo que sí...* (mi expresión muestra desagrado y el alumno reformula)... *no, genera menos*. El especialista, delante de las posibilidades mostradas por el entrevistado, se extiende en el tratamiento de la eficiencia colocando: ¿Y en la generación fotovoltaica era poco o mucho? El alumno responde poco (el alumno ya tenía la comprensión del hecho que era entre 10 a 15 %, y que este valor se trataba de una eficiencia baja). De nuevo el especialista retoma la hidroeléctrica, preguntando: ¿En la

hidroeléctrica era al rededor de cuánto? El alumno responde: *...son 60 %*. El especialista pregunta de nuevo: *¿Y sobre las pilas?* El alumno responde: *...en la parte de las pilas, me perdí...* (no prestó la atención o no se interesó). Este trecho del diálogo se encuentra prácticamente siendo presentado en la íntegra, para ejemplificar, las dificultades encontradas y también ilustrar la forma con que conducíamos a la entrevista para obtener informaciones. Para algunos alumnos que interactúan más con colocaciones relevantes para efecto de registros en el transcurso del estudio, ya existía una expectativa de lo que era posible obtener. Mientras tanto, en el transcurso del proceso de instrucciones, nuevos comportamientos podrían surgir, y teníamos que estar atentos a las contribuciones relevantes que puedan ser traídas por todos los elementos del grupo.

### **Alumno n° 20**

Hizo tres visitas a la exposición y fue entrevistado dos veces, una antes y otra después de la tercera visita. Tiene pretensiones de continuar su formación en Zootecnia. Consideró la visita muy repetitiva a la sala de energía por tres veces y la última visita le gustó, le gustó haber visitado *la casa ecológica dónde hubo novedades*. Para el alumno era *bien mejor la clase con actividad práctica de que solamente la clase teórica*. Preguntado si la visita le propició algún aprendizaje súbito en el momento de la exposición de experimentos, el alumno respondió que: *pensaba que el choque sólo se daba con el contacto y lo que lleve allí, sin contacto, mostraba ser otra cosa en relación al choque en la red*. Tuvimos que naturalmente mostrar la diferencia para el alumno de una cosa y otra, pero tenemos el entendimiento que el experimento empíricamente trajo una razón conceptual para el choque diferente, caracterizando de cierta forma un perfeccionamiento conceptual sobre el choque. En lo restante de la entrevista cuando le preguntamos sobre algunas de las fuentes de la generación de energía eléctrica, el alumno se limitó a contestar dentro de aspectos muy generales colocando: *la pila...* (Preguntamos: *¿Qué formas de energía, es lo que envuelve la transformación?*)... *energía química en energía eléctrica (...)*. El alumno mostraba dificultades, inclusive con la intermediación del especialista, algunas veces, dando informaciones favorables otras no, como en el fenómeno de inducción, que no supo referirse a las transformaciones de energía allí procedidas.

### **Alumno 28:**

Visitó la exposición tres veces y participó de dos entrevistas antes de la tercera visita. El alumno hizo el examen de admisión para la universidad para medicina y como no fue

aprobado en la primera fase, va a intentar hacer en biología en el próximo examen. Con relación a su interés por la acción integrada, responde: *di énfasis a otras materias que tenían peso mayor en el examen de admisión de la universidad*. Preguntamos: ¿En la prueba de examen de admisión cayó alguna cosa sobre lo que estábamos trabajando? El alumno respondió que: *cayó sobre energía, magnetismo, hidroeléctrica, y sobre capacitores* (no buscamos observar la prueba del examen de admisión para comprobar la veracidad de la información, una vez que, queríamos apenas evaluar la capacidad del alumno en efectuar una asociación con el examen en lo cual debería estar muy envuelto). Nuestro objetivo de esta pregunta en algunas entrevistas era observar su capacidad de dominio sobre qué áreas del conocimiento estaban conectadas a las cuestiones colocadas en la prueba y sobre lo que preguntaban. El alumno, mientras tanto no consiguió ir muy lejos de las informaciones transcritas, no recordando lo que era cuestionado sobre el asunto y como procedió en la respuesta.

Cuanto a su interés por los experimentos, el alumno respondió que: *algunos experimentos se repetían... otros se complementaban* (lo que no dejó de ser un buen registro inicial de la visión que tuvo de la exposición). Preguntado sobre cómo funcionaba la hidroeléctrica en términos de las energías desarrolladas en el proceso, el alumno respondió a través de mucha negociación con el especialista: *energía potencial gravitacional... que es energía mecánica...* (restringiéndose a estas colocaciones). No supo expresar su comprensión con relación al fenómeno físico de inducción en la generación de energía eléctrica.

El alumno aún fue preguntado ¿en algún momento de la exposición se te despertó un aprendizaje súbito? El alumno colocó: *después de la presentación del funcionamiento de la célula solar...* (cuando nos referimos en la exposición)...*que la tecnología actual de costo alto y eficiencia baja necesitaba cambiar...*; mientras tanto, el alumno no tenía idea de posibilidades futuras, una vez que existían investigaciones buscando desarrollar células con material más simple y con mayor eficiencia. Este registro fue efectuado para mostrar que, muchas veces, conseguimos despertar al alumno para aprendizajes momentáneos, principalmente en los relativos a situaciones de mayor facilidad asimilativa. Cuando envuelven cuestiones de orden técnica y económica difundidas en los medios de comunicación. Existe así un contenido importante, en una perspectiva de trabajo para la alfabetización científica, que muchas veces, no se constituyen en situaciones de dominio conceptual complejo referente a la ciencia. En estos contenidos, conforme ya veníamos

observando en algunas tareas en la descripción del estudio, el alumno mostró tener facilidad y confirmó el hecho de tener condiciones en contestar con informaciones relevantes y satisfactorias.

#### **Alumno 10:**

Realizó dos entrevistas y Visitó la exposición tres veces. Al alumno le gusta química y quiere continuar sus estudios en enfermería, pero no fue aprobado en este examen de admisión de la universidad. Cuanto al experimento que le despertó un mayor interés, fue el *súper-looping* que ya había visto en funcionamiento en un programa de televisión. Según su relato; *el fenómeno en sí, justificado por las transformaciones de energía mecánica, movió con mi cabeza...* preguntamos, ¿existe la conservación de la energía mecánica en este proceso? El alumno respondió: *hay conservación, pero no toda...* (el alumno quería decir que había una pequeña pérdida en la transformación de la energía primaria, el potencial, para secundaria, la cinética, y por esa razón la energía mecánica no se conservaba). Sobre otros experimentos observados el alumno narró: *el funcionamiento del circuito por un generador a manivela... y la energía de la célula solar...* (tenía el recuerdo de los procedimientos que llevaban a la producción de estos fenómenos de forma bien definida). Sin embargo no conseguía se expresar en relación a los conceptos y proposiciones que justificarían científicamente lo que observaba. En la negociación con el especialista, sólo conseguía explicar apenas el funcionamiento haciendo, algunas veces, consideraciones de naturaleza tecnológica tales como: *la inducción ocurría por el movimiento del imán...* (queriendo expresar en relación a la bobina)...*en la célula ocurre el efecto fotovoltaico...la energía de la luz es transformada en voltios...*

#### **Alumno 33:**

Hizo apenas una entrevista y Visitó dos veces a la exposición habiendo participado de la tercera visita. El alumno relata que: *no tuvo una participación completa en la acción integrada por haber faltado a algunas actividades y dejado de contestar algunas de las evaluaciones escritas de la investigación... y de no haber leído los textos fornecidos para lectura.* Al alumno le preguntamos sobre la existencia de algún aprendizaje súbito en la exposición de los experimentos en el momento de la visita, respondió que: *no se recordaba de haber tenido.* Le preguntamos: ¿Qué te interesó más en los experimentos mostrados?, él respondió: *...me interesó la generación de energía eléctrica... aprendí más sobre generadores y menos sobre transformadores* (tal vez se estaba refiriendo a los receptores: a

una actividad en el aula con el profesor que trataba de conceptualizar los generadores y los receptores en los circuitos). En relación a las transformaciones de energía en la generación por hidroeléctricas, el alumno respondió que: *la energía cinética se transforma en eléctrica...*; se refirió también al fenómeno de inducción con muchas limitaciones sin entrar en sus especificidades. En la casa ecológica referente al sistema de alimentación del circuito eléctrico de la casa con energía alternativa (solar y eólica), el alumno respondió: *que tenía una duda en la transformación de los 24 Voltios en corriente continua de la batería... (Por el convertidor existente ahí)... para 220 Volts en corriente alternada* (el equivalente al existente en la red de alimentación convencional). Observamos en la negociación de las informaciones, que el interés del alumno se encontraba mucho más volcado para los detalles técnicos de los equipamientos constantes de los experimentos, de que en tratar de la conceptualización de Física que envolvía los fenómenos. Una vez que el alumno mostró querer evitar dialogar en este sentido.

**Alumnos incapaces en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación (categoría 4):**

**Alumno 11:**

El alumno al inicio relata que hizo el examen de admisión de la universidad para periodismo. Coloca que: *le gustan las cosas que aparecen sobre la Física ilustrando problemas del día a día como el calentamiento global* (cosas que según él, “mueven con mi vida”). Pregunté: *¿Qué otras cosas te interesarían?* Respondió: *cosas sobre astronomía también me interesan*. Luego en seguida dijo que: *no me gusta la Física dada en la escuela...* (refiriéndose como factor adverso al formalismo matemático con que es tratada). Colocaba que: *en la exposición fue diferente...* (dando a entender, ser más agradable). Sin embargo, en la continuidad del diálogo colocó que: *no tuvo mucho interés en lo que fue visto allí... algunas veces nosotros hacemos el cálculo relativo a la exposición aquí en la escuela* (se refiere al trabajo del profesor y dando a entender que en estos momentos no tenía el interés en acompañar las clases). Cuestionado sobre las formas de producir electricidad, dijo: *hidroeléctrica...*, y cuando indagado a contestar sobre las diferentes etapas de transformación hasta la generación, en el diálogo, con la intermediación del entrevistador, colocó: *el agua...* (y no coloca nada más relevante). El especialista entonces pregunta: *¿El agua se transforma en electricidad?* El alumno responde: *no* (sin justificar su respuesta). El especialista insiste en la busca de información y retoma la discusión buscando direccionar más al alumno en relación a la respuesta, preguntando: *¿Si el agua en sí no*

provoca electricidad, cuál es la energía que provoca en el agua acumulada? El alumno no responde. El especialista vuelve a argumentar preguntando: ¿Recuerdas del chorro de agua moviendo la turbina? El alumno responde: *sí*. El especialista vuelve a preguntar: ¿Allí para generar, no se estaba usando los recursos hídricos? El alumno no responde. El especialista pregunta: ¿Cuál es la ley que caracteriza el fenómeno de inducción, que el profesor viene hablando para vosotros en la escuela? El alumno no responde, dando a entender que no consigue hablar más, es decir, empieza a sentirse poco a gusto e inquieto con el diálogo, en razón de nuestra insistencia delante de sus dificultades. Queremos disculparnos diciendo que, conforme estamos mostrando en las demás ilustraciones, de lo que ocurrió en las entrevistas que, casi siempre, no fuimos tan incisivos e insistentes en buscar una información relevante. Para que la entrevista no fuese concluida dentro de este clima desfavorable, buscamos en la negociación de las respuestas siguientes, a pasar a tratar apenas de cuestiones técnicas y contextuales relacionadas a las evidencias empíricas más amenas, buscando antes restablecer la confianza del alumno para el diálogo. Cuando preguntamos: ¿El hecho de la dificultad del accionamiento de la manivela en la generación por inducción, eso aumenta en razón del número de componentes colocados en el circuito? El alumno respondió que: *sí, aumentaba...* Preguntamos: ¿Si estás sólo en casa, tendrías la capacidad de accionar un generador en casa? (con disponibilidad para funcionar todos los componentes eléctricos allí instalados al mismo tiempo). Con el alumno en este sentido mostrando una capacidad de efectuar una relación teórica correcta, en la interpretación del hecho, como base en lo que era sentido de concreto, relativo a las transformaciones.

#### **Alumno 06:**

El alumno relató que visitó dos veces. Había hecho el examen de admisión para acceso a la universidad para Servicio Social y fue aprobado en la primera fase, refiriéndose que: *ahora serían tres candidatos disputando una plaza!* Con relación a la acción integrada coloca que: *Allí, hay cosas interesantes relativas del día a día... es bueno, bien diferente de la escuela... dónde el profesor utilizaba cálculos en el asunto...* (queriendo referirse a su interés cuando no se utiliza cálculos). El especialista preguntó al alumno, ¿Aprovechaste lo que fue traído para el aula? ¿Qué te interesó en la exposición? El alumno se omite de posicionarse (tal vez por no haber visto en la escuela lo mismo y haber tenido recuerdos de las conexiones efectuadas). En seguida preguntamos ¿Y las formas de generar energía eléctrica? Aún con el incentivo en la negociación con el especialista no consigue contestar. No proseguimos en este caso con la entrevista.

Reclamaban en relación a la calidad de la enseñanza pública un grupo de alumnos que presenciaban esta entrevista, esperando su vez de ser entrevistados, en este momento hubo un acontecimiento que vale la pena registrar. Ocurrió con tres alumnos presentes (los **alumnos: 1, 8 y 11**), que esperaban su vez de ser entrevistados. La colocación ocurrió cuando el entrevistado hablaba de que él iba a la segunda fase del examen de admisión para la universidad. La colocación fue la siguiente: *nosotros vamos para la academia para enfrentar el examen de admisión para la universidad y allí vemos que la enseñanza de la escuela es muy floja. Matemática y Física fueron las asignaturas dónde los profesores aquí este año enseñaron más.* Al final sin consenso, uno de los alumnos presentes, también incluyeron las clases de Historia. Este registro fue importante para caracterizar el concepto que muchos alumnos venían haciendo de la deficiencia que veían en la enseñanza practicada por la escuela pública de la secundaria.

Este registro fue colocado, para ofrecer más subsidios a las afirmaciones que veníamos colocando de las dificultades de los alumnos debido a la red de enseñanza pública. Enseñanza que, a muchos años, viene mostrándose desestructurado para ofrecer, por lo menos, una cualificación mínima en desarrollar los lenguajes, actitudes, y potencialidades cognitivas adecuadas para enfrentar los desafíos impuestos por la vida contemporánea. Salvo por las excepciones que fueron colocadas por los alumnos, cuando se ve profesores en acción aislada con preocupaciones con la calidad de la enseñanza. Por el profesionalismo que dedican a su trabajo, competencia y motivación para desarrollar una acción diferenciada. Aún delante de un cuadro de desestructuración y falta de condiciones más adecuadas de trabajo, dónde no se consigue desarrollar satisfactoriamente la propia perspectiva existente de enseñanza tradicional. Ni tan poco, se observa el interés en la práctica de trabajar en la perspectiva de implantar la reforma de enseñanza oficializada en Brasil por la ley 9394 de directrices de bases para la enseñanza primaria y secundaria en el año de 1996.

### **Alumno 23:**

Visitó la exposición tres veces e hizo dos entrevistas. Quiere continuar los estudios en el área de salud porque le gusta química y biología. No le gusta Física y estudia apenas lo mínimo para hacer pruebas y pasar de año. En la primera visita antes de la tercera visita, informó que lo que más le interesó fue el generador electrostático y cuando le preguntamos sobre algunos fenómenos allí observados se omitió de describirlos. También relativo a las transformaciones de energía en otro experimento que le haya llamado la atención, no quiso

pronunciarse. En la segunda entrevista, preguntado sobre qué es lo que más le interesó, el alumno relató que le llamó más la atención e impresionó: fue la casa ecológica... (le pareció la casa interesante)... *interfiere menos en la naturaleza... no contamina la naturaleza*. Preguntamos: ¿Esta interferencia menor, qué relación tiene con la energía? El alumno en la negociación pasó la impresión de que los recursos utilizados en la casa consumieron menos energía al ser producidos o desarrollados en el medio ambiente. Preguntado sobre algunos detalles de las alternativas de generación de energía eléctrica en la casa, no quiso posicionarse. Hizo, mientras tanto cuestión de registrar que a pesar de no gustarle Física, de la manera como es enseñada en la escuela, *por el sentido práctico de la exposición, da para aprender alguna cosa y queda menos exhaustivo que en las clases regulares de la escuela, dónde eran presentadas formulas y más formulas*.

#### **Alumno 27:**

Sólo visitó la exposición una única vez en la última visita. Pretende parar los estudios después de concluir la secundaria. Pretende seguir carrera de jugador de fútbol, está en fase de preparación para esto, el alumno ya juega en un equipo joven de fútbol local. No se interesa por Física y si tuviese que seguir carrera universitaria intentaría hacer el curso de Educación Física. Cuanto a lo que le interesó en la exposición, dijo: *“aquella bola”* (se refería al generador electrostático). Preguntado sobre los fenómenos ahí observados, el alumno se omitió por no saber contestar. Preguntamos: ¿Existió alguna cosa que has visto en la exposición y te llevó a un aprendizaje súbito? El alumno no supo expresar si el hecho había o no ocurrido. El alumno en la interacción con el entrevistador mostraba mucha timidez y le faltaba un lenguaje adecuado para posicionarse con una mínima argumentación frente a los cuestionamientos. Esta entrevista fue efectuada para averiguar a través de un diálogo oral, el porqué de su bajo rendimiento en todas las formas de evaluación escrita efectuadas en esta investigación.

#### **Alumno 24:**

Participó de dos visitas en esta fase e hizo apenas una entrevista después de la tercera visita que estuvo presente. Lo alumno pretende continuar sus estudios en el área da salud, sin embargo no fue aprobada en este examen de admisión. La alumna informó que la mayor parte del tiempo de visita, no se interesó en prestar atención a la exposición, ni interactuar con los experimentos. Lo alumno relataba que: *“la Física no es lo mío”* colocando sus sentimientos e intenciones con relación a la asignatura. Continuando

colocaba que: *sé que tengo que aprender alguna cosa... Yo siento la necesidad de tener un mínimo de conocimiento.* Preguntamos: si había leído sobre el material escrito fornecido, el alumno respondió que alguna cosa sí. Preguntado: *¿La Física está más interesante a partir de la acción integrada?*, ella respondió: *quedó mejor con base en la práctica, a partir de los experimentos de la Usina... existió una deficiencia por no haber tenido profesor en el primer año...sólo al final de año el profesor apareció...en el segundo año fue normal... ahora que estoy intentando buscar algún conocimiento... con este trabajo que estaba siendo hecho en la práctica (se refería a los experimentos de la exposición)...me gustaría haber hecho un trabajo para la muestra científica de la escuela (se refiere a una actividad anual programada internamente por la escuela en el sentido de envolver un grupo de alumnos interesados en un trabajo de iniciación científica).* Su no participación ocurrió, por haber perdido el plazo para inscribirse y no haber podido encajarse en ningún grupo ya inscrito. Creemos que el alumno vino a mostrar su desinterés por la Física, más en razón de no haber visto la asignatura en el primer año, y tal vez, también, por el hecho de lo que es practicado en la enseñanza tradicional (en el énfasis a la descripción formal matemática ya que la mayoría de los alumnos en estas series no se adaptan). Puede también ser por la cultura que se estableció por la falta de credibilidad en la sociedad local, en relación a la desestructura y falta de inversión que lleva a la mala calidad en la red de enseñanza pública local. En nuestro análisis de las colocaciones de este alumno, solamente ahora en el último año de su formación, por el esfuerzo que veníamos efectuando en pasar otra idea de cómo tratar a la Física, tal vez, haya iniciado un proceso de provocar en el alumno una actitud más favorable con respecto a la asignatura. Esta evaluación que estamos efectuando con base en los testimonios de esta entrevista, se debe a la intención del alumno en querer participar de la muestra científica con un trabajo en una asignatura con la cual de acuerdo al relato, no tenía afinidad. Cuanto a su desempeño en los experimentos visitados, por su posicionamiento inicial, resolvemos no explorar, hasta su pedido, solicitando que no le preguntemos. Delante de las dificultades que veníamos encontrando en algunas entrevistas anteriores, en obtener informaciones en conceptos relevantes, decidimos no proseguir con la misma.

#### **Alumno 25:**

Fue a la exposición dos veces participando de la tercera visita y pretendía continuar los estudios en Educación Física en la universidad. Cuando le preguntamos si utilizó el material escrito dado por el profesor, el mismo informó que no ha leído. Le preguntamos: *¿Durante el momento de la visita, algún hecho te ha despertado aprendizaje súbito?* El

alumno no supo informar una situación que, sea posible caracterizar durante la exposición, y le haya despertado para algún tipo de aprendizaje súbito. Le preguntamos: ¿Qué te ha interesado en la exposición? Respondió con sentencias sueltas que: *en aquella placa...* (sin hacer referencia a que placa). *La estufa solar... hice de otra manera...* (se refería a que ya había hecho uno que era diferente de lo mostrado en la exposición). El alumno no conseguía formar una sentencia en que consiga pasar informaciones relevantes sobre los fenómenos. Su preocupación en el diálogo con los experimentos era apenas de naturaleza técnica y contextual, relativa a la aplicación, costo y utilidad, aún así, sin una articulación bien definida. El alumno se omitía de efectuar la fundamentación teórica conceptual de Física envuelta en los fenómenos, no habiendo contribuido así con las informaciones relevantes que pretendíamos obtener de su conocimiento.

### **5.3 Resultados Obtenidos en la Evaluación Escrita.**

#### **5.3.1 La presentación de un cuadro general:**

Inicialmente estamos presentando en la **tabla-2** mostrada abajo, el cuadro general de todo el sistema de evaluación escrita (**Mapas, TANC y Cuestionarios** ocupando las columnas y los **Alumnos** ocupando las líneas). Los diferentes instrumentos evaluativos utilizados se encuentran presentados en el orden cronológico en que fueron aplicados durante el estudio. En cada instrumento aplicado es presentado el resultado obtenido, a partir de la sistematización efectuada por los criterios de clasificación utilizados. Que serán comentados cuando tratamos de análisis de cada uno de los instrumentos usados. En algunas situaciones evaluativas en la sistematización clasificatoria de los resultados, también colocamos la puntuación obtenida. Los resultados mostrados en la **tabla-2**: los relativos a los **Mapas** se encuentran en las tres primeras columnas de resultados (Es mostrado por una escala de desempeño por alumno, que va de una óptima a ninguna definición en el mapa); los relativos al **TANC** se encuentran en las dos columnas siguientes son mostrados por una escala de eficiencia presentada por una abreviación que representa: NE (ninguna eficiencia), PE (poca eficiencia), RE (regular eficiencia), BE (buena eficiencia) y OE (óptima eficiencia); los relativos a los **Cuestionarios**, las dos últimas columnas de la tabla (tenemos una escala de desempeño por alumno que también va de óptimo a ningún desempeño). En la presentación y comentario de los resultados de cada

forma de evaluación aplicada durante el estudio, efectuaremos antes un comentario de los criterios utilizados en la construcción de estas categorías.

TABLA 2: Resultados de las evaluaciones escritas – 1° estudio							
Alumno	Mapa 1 (definición)	Mapa 2 (definición)	Mapa 3 (definición)	TANC 1 puntos (eficiencia)	TANC 2 puntos (eficiencia)	Cuestionario 1 (conceptos) puntos/ desempeño	Cuestionario 2 (problemas) puntos/ desempeño
1	Regular	Regular	Regular	29(NE)	29(NE)*	1,5 (pequeño)	2,5 (regular)
2	Ninguna	----- ----	Poca	35(PE)	30 (PE)	0,0 (ninguno)	
3	Poca	Regular		36(RE)		4,0 (regular)	2,0 (pequeño)
4	Poca		Regular	34(PE)			0,0 (ninguno)
5	Poca	Regular	Regular	41(RE)	36 (RE)	1,5 (pequeño)	2,5 (regular)
6	Poca	Poca		29(NE.)	33 (PE)	0,5 (pequeño)	0,5(ninguno)
7*	Ninguna	Poca		32(PE.)		0,0 (ninguno)	
8	Ninguna	Poca	Regular	32(PE)	27(NE)	1,0 (pequeño)	0,5(ninguno)
9	Poca		Regular	30(PE)	30(PE)		0,0 (ninguno)
10	Ninguna	Poca	Regular	43(BE.)	36(RE).	5,0 (Bueno)	1,0 (pequeño)
11 *	Ninguna	Poca		27 (NE.)	24(NE)		0,0 (ninguno)
12 *	Ninguna			22 (NE)	31(PE)	0,0 (ninguno)	1,0 (pequeño)
13 *	Ninguna			33(PE)		0,0 (ninguno)	0,0 (ninguno)
14	Poca	Poca		28 (NE)	32(PE)	1,0 (pequeño)	2,0(pequeño)
15	Poca	Poca	Poca	38(RE)	37(RE)	2,0 (pequeño)	1,5 (pequeño)

16	Regular	Regular		43(BE)	40(RE)	2,0 (pequeño)	3,5 (regular)
17	Poca	Regular		32(PE)		2,0 (pequeño)	
18		Poca	Poca	29(NE)	34(PE)	0,5 (ninguno)	0,5(ninguno)
19	Ninguna	Poca	Regular	36(RE)	36(RE)	0,5 (ninguno)	0,0 (ninguno)
20	Poca		Regular	30(PE)	38(RE)	1,0 (pequeño)	0,5 (ningún)
21 *	Poca	Poca		34(PE)			
22	Ninguna	Poca	Poca	38(RE)	31(PE)		0,0 (ninguno)
23	Poca		Regular	34(PE)	31(PE)	1,0 (pequeño)	
24	Poca	Poca	Poca	42(RE)		0,5 (ningún)	0,0 (ninguno)
25	Poca	Poca	Poca	29 (NE)	31(PE)	0,0 (ningún)	0,0 (ninguno)
26	Poca	Poca		31(PE)		1,0 (pequeño)	
27 *	Ninguna	Ninguna	Ninguna	34(PE)		1,0 (pequeño)	0,0 (ninguno)
28	Poca	Ninguna		38(RE)		1,0 (pequeño)	1,0 (pequeño)
29	Poca	Poca	Regular	34(PE)		1,0 pequeño)	
30	Regular	Regular	Regular		24(NE)	2,0 (pequeño)	1,5(pequeño)
31	Poca	Regular	Regular			1,0 (pequeño)	1,0 (pequeño)
32	Ninguna	Poca	Poca	29(NE)	36(RE)	0,0 (ninguno)	1,0 (pequeño)
33	Ninguna	Poca	Poca	35(PE)		0,0 (ninguno)	
34	Ninguna	Poca		36(RE)	23(NE)	0,5 (ninguno)	0,0 (ninguno)

### 5.3.2 Mapa Conceptual.

Los mapas fueron evaluados según una clasificación que establece un criterio de definición estructural del contenido del aprendizaje significativo. Dónde deben aparecer relacionados los conceptos relevantes al contenido en el conocimiento científico de la programación dispuesta en una secuencia jerárquica. La clasificación presenta las

siguientes categorías: óptima definición (Od), buena definición (Bd), regular definición (Rd), poca definición (Pd), y ninguna definición (Nd). La clasificación efectuada tomó como referencia un estándar establecido por el especialista en relación a los conceptos utilizados en la programación sobre el contenido energía y que también llevó en cuenta los siguientes criterios técnicos de como se estructura un mapa:

1) El mapa no puede ser confundido con un diagrama de secuencia, clasificación o categorización de conceptos o parámetros relativos al asunto.

2) En la ordenación del mapa, los conceptos más generales e inclusivos deben tener destaque tanto en la representación en el diagrama como en la disposición relativa a la jerarquización, y deben ramificarse para otros conceptos menos generales. Ya los conceptos más específicos, deben tener menos destaque en el mapa y no deben presentar ramificaciones, pudiendo ser conectados apenas por relaciones.

3) En los mapas entran apenas conceptos en las unidades de referencia del diagrama (células constituyentes). Los conceptos electos sobre el asunto a ser colocados en el mapa, deben ser los más relevantes o pertinentes a la estructura del contenido.

4) Las ramificaciones de jerarquización debe ser efectuada según un principio de diferenciación progresiva de como los conceptos aparecen en el abordaje del contenido. Estas líneas deben también buscar mostrar similitudes y diferencias, estableciendo un proceso de reconciliación interactiva en la conexión.

5) Es importante tener cuidado en la elaboración de la estructura del mapa con una disposición de los conceptos que facilite el trazado de las líneas de conexión. Es también importante tanto para la ramificación jerárquica cuanto para la del relacionamiento, que la disposición de los conceptos presente, siempre que posible, una estructura simétrica.

6) Las líneas de conexión entre las células pueden contener escrito una proposición curta, una palabra o aún una expresión matemática, para enriquecer la estructura conceptual mostrada por el mapa, para mostrar dentro de la estructura del contenido lo que mejor integra o caracteriza la conexión entre dos o más conceptos.

7) Una flecha sobre la línea de conexión puede ser usada, para indicar el sentido o no, a depender si la relación es unívoca o biunívoca.

En la confección del mapa, estos aspectos característicos, una vez atendidos ampliamente, van a caracterizar un mapa evaluado en la clase de óptima definición. Un mapa con buena definición debe atender integralmente a los criterios 1, 2, 3, y 4 y parcialmente los criterios 5, 6, y 7. Un mapa con regular definición debe atender integralmente los criterios 1 y 2 y parcialmente a los criterios 3, 4, y 5, y pueden no atender

a los criterios 6 y 7. Un mapa con poca definición necesita atender integralmente al criterio 1 y parcialmente a los criterios 2, 3, y 4 y pueden no atender a los criterios 5, 6, y 7. Un mapa con ninguna definición cuando no atiende al criterio 1, pudiendo o no atender a los demás criterios parcialmente. La **tabla-3** mostrada abajo presenta el desempeño de los alumnos en la confección de los mapas.

**Tabla 3 – Resultados de los mapas Conceptuales**

<b>Clasificación</b>	<b>1ºMapa:</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>2ºMapa</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>3ºMapa</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>De la definición</b>	<b>33 participantes</b>	<b>(%)</b>	<b>27 participantes</b>	<b>(%)</b>	<b>21 participantes</b>	<b>(%)</b>
	<b>(Alumnos discriminados)</b>		<b>(Alumnos discriminados)</b>		<b>(alumnos discriminados)</b>	
Ninguna	2;7;8;10;11; 12;13;19;22;23; 27; 32; 33; 34.	14 (42%)	27;28;	2 (8%)	27	1 (5%)
Pequeña	3;4;5;6;9;14; 15;17;20;21;24; 25;26;28;29;31;	16 (48%)	6;7;8;10;11; 14;15;18;19;21; 22;24;25;26;29; 30;32;33;34	19 (70%)	2;18;22;24;25; 32; 33.	7 (33%)
Regular	1;16;30	3 (10%)	1;3;5;16;17;31.	6 (22%)	1;4;5;7;9;10; 15;19;20;23; 29; 30; 31.	13 (62%)
Buena	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula
Óptima	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula

Conforme será mostrado más al frente, en el análisis individual de algunos mapas referentes a algunos alumnos, la característica de un mapa puede ser cambiada entre la sucesión de mapas desarrollados sobre el tema, sin necesariamente evaluar como una evolución o retroceso en su definición. Como ejemplo, vamos a situar en algunos procedimientos, como los referentes: al hecho de retirar algunos conceptos o no conceptos para colocar otros conceptos o no conceptos; al hecho de aumentar o disminuir el número de conceptos utilizados en cantidades tolerables; y aún, al hecho de elaborar el mapa para una tendencia general más amplia o específica dentro del tema en abierto, para después ir envolviendo el recorte relativo al contenido trabajado. De esta forma las características de las regularidades o de las irregularidades relativas a la definición o indefinición, presentes en la elaboración del mapa, deben encontrarse relacionadas, al dominio de esta técnica y a la visión del asunto que el alumno tenía en aquel momento de su confección en el estudio. De esta manera, los mapas evaluados de un determinado alumno, pueden cambiar sus características, sin necesariamente mostrar una evolución en su definición dentro de las categorías de mapas que establecemos y estamos utilizando como criterio de evaluación.

Analizando el comportamiento del grupo en la sucesión de la confección de mapas, en diferentes momentos referentes a las etapas de este estudio, puede ser observado que, dentro de las condiciones posibles emprendemos este trabajo y se consiguió llegar a una evolución de la mayoría del grupo para una condición de mapa de regular definición. Veamos en nuestro análisis por los datos mostrados en la **tabla-3**, como eso ocurrió. Los resultados del primer mapa muestran que 90 % del grupo (con 33 participantes en la elaboración de este mapa), presentaban una pequeña definición (48 %) y ninguna (42 %), debajo de nuestro criterio mínimo de regularidad establecido para la evaluación de los mapas. En este momento del estudio, apenas 3 alumnos del grupo (que corresponde a 10 % de los participantes: los **alumnos: 1, 16 y 30**), mostraron una regular definición en el mapa, sin embargo, se mantuvieron con ella, no consiguiendo, ninguna evolución que se muestre significativa para una evolución de categoría a no ser en mudanza de sus características para el recorte de este trabajo.

En el segundo mapa los alumnos del grupo (con 27 participantes en la elaboración de este mapa), empiezan a mostrar en la elaboración de sus mapas la tendencia evolutiva para la condición de mapa de regular definición. Los resultados muestran que apenas dos alumnos del grupo (8 % de los participantes: los **alumnos: 27 y 28**), muestran mapas sin

ninguna definición; sin embargo, aumenta bastante el porcentaje de participantes en la clase de pequeña definición (70 %), una situación intermedia entre las categorías de ninguna y regular definición; por su vez, en la situación de regular definición pasa a existir ahora (22 %), lo que corresponde al doble de alumnos en relación al mapa anterior (los **alumnos: 1, 3, 5, 16, 17 y 31**).

En la continuidad del estudio, elaboración del tercero y último mapa, la evolución para condición de mapa regular fue aún mayor. Entre los 21 participantes en la elaboración de este mapa, apenas un alumno, el **alumno 27** (que corresponde a 5 % de los participantes), mantuvo el mapa sin ninguna definición. Cuanto a la clasificación en pequeña definición fue reducida para (33 %) de los participantes (un total de 7 participantes: los **alumnos: 2, 18, 22, 24, 25, 32 y 33**). El resto pasó para una situación de regular definición en la elaboración del mapa, lo que corresponde a (62 %) de los alumnos que elaboraron el mapa. Tenemos así que 13 participantes pasan para una condición satisfactoria (los **alumnos: 1, 4, 5, 7, 9, 10, 15, 19, 20, 23, 29, 30 y 31**). Lo que demuestra, a nuestro ver, que en términos de estructuración conceptual del recorte efectuado sobre el tema, en lo que fue posible mostrar, entre aspectos generales conectados al asunto, sin entrar en muchos detalles y especificidades, que consiguieron alcanzar el límite inferior de una situación satisfactoria de aprendizaje en la acción integrada por la evaluación a través de mapas (39 %) del total del grupo de participantes del estudio (un total de 33 participantes).

En este proceso de confección de mapas, algunos aspectos importantes fueron explicitados en relación a lo que estaba siendo evaluado. El primero fue el dominio creciente de la técnica en la sucesión de la construcción de mapas observada en la mayoría del grupo (que demuestra interés en elaborar los mapas). El otro aspecto positivo relativo a una pequeña evolución en el dominio conceptual ocurrido a través de los mapas. Lo que puede estar mostrando que, algún aprovechamiento de estudios fue promovido por la programación didáctica. Observamos que los mapas comenzaban a retratar el tema a partir de una parte del recorte del contenido trabajado en los experimentos de la exposición. Otro aspecto también importante fue que, algunos alumnos, pensaron en la construcción del mapa, a partir de una perspectiva en que buscaban integrar los conceptos físicos (la ciencia), a los conceptos relativos al funcionamiento de un experimento (la tecnología); y aún a los conceptos de como los experimentos eran utilizados, en el contexto (de la sociedad y del medio ambiente). Así, algunos mapas, independiente de no encontrarse definidos con

regularidad satisfactoria, buscaban presentar cierta preocupación con una conceptualización en que se integraba ciencia, tecnología y sociedad. En el acompañamiento cualitativo de este estudio, durante en el acompañamiento, registramos sobre la mayor facilidad en la intervención de los alumnos en tratar de los asuntos afectos a los experimentos relacionados a la tecnología y al contexto social. Observamos así que, esa preocupación de nuestra propuesta de divulgación de la ciencia relacionando la ciencia, tecnología y sociedad, se reflejó en el acto de desarrollar modelos al asociar conceptos (procedido por algunos alumnos), en la elaboración del mapa de energía. Para tener una comprensión de la evaluación efectuada de los mapas y de la evolución conceptual mostrada, estamos considerando como ilustración, los mapas efectuados por algunos alumnos. Que traen en las células conceptuales un número inscrito que está asociado a una traducción, anexada luego abajo del mismo, de lo portugués para el español. Fueran colocados no texto los mapas de los siguientes alumnos:

**Alumno 02: mapa 1(Nd) y mapa 3 (Pd).** En el primer mapa (Figura 1) son presentadas seis células de conceptos, que a partir de la célula inicial sólo son presentadas proposiciones verbales dejando entender que estamos delante de un diagrama de bloque (en un formato adecuado), pero que no se constituye en un mapa conceptual. No hizo el **mapa-2**, y en el tercer mapa (Figura 2), el alumno muestra evolucionar en la construcción del mapa, dentro del recorte utilizado en la generación de energía eléctrica. El mapa envuelve conceptos físicos, tecnológicos (pila) y ambientales (viento, sol). Sin embargo se muestra con poca definición (Pd) por no relacionar ni jerarquizar debidamente la composición conceptual en las células presentadas. Aún cometió el error de subutilizar células, cuando colocó en las mismas definiciones para después en otra célula asociar el concepto relacionado (el procedimiento de colocar una definición en el mapa cabría apenas como un escrito conectivo de conexión o aún podría dejar el concepto y la definición en una misma célula para caracterizar el involucramiento entre ambos).

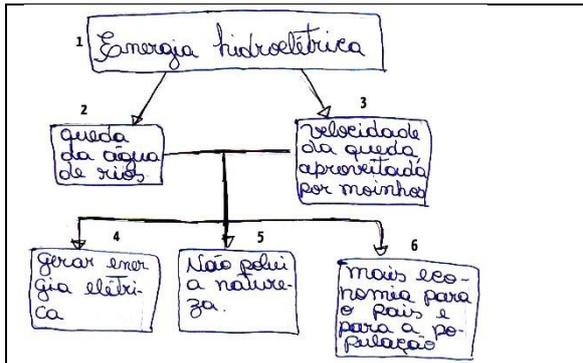


Figura 1

Alumno 02: mapa 1. Traducción: 1. energía hidroeléctrica, 2. la caída en el agua de los ríos, 3. la velocidad aprovechada por los molinos de viento, 4. la generación de energía eléctrica, 5. no contamina la naturaleza, 6. un mayor ahorro para el país y la población

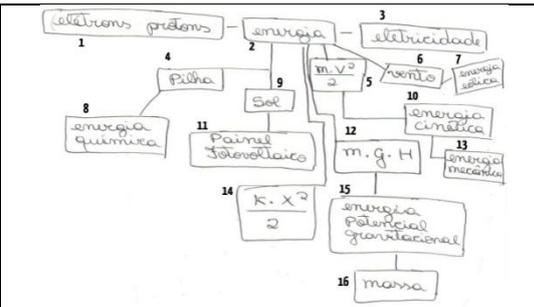


Figura 2

Alumno 02: mapa 3. Traducción: 1. electrones protones, 2. la energía, 3. la electricidad, 4. la batería, 5. Formula, 6. El Viento, 7. energía eólica, 8. energía química, 9. Sol, 10. Energía cinética, 11. Panel fotovoltaico, 12. Formula, 13. energía mecánica, 14. Formula, 15. la energía potencial gravitatoria, 16. la masa

**Alumno 03: mapa 1 (Pd) y mapa 2 (Rd).** El primer mapa (Figura 3) presenta una característica de mapa, sin embargo es mostrada poca definición, que se inicia por el hecho de no jerarquizar los conceptos relacionados a la mecánica. Aún siendo un mapa realizado antes de la primera visita, ya muestra una preocupación de abordar el tema de forma más amplia, sin embargo sin una adecuación debida a la jerarquización y al relacionamiento. Cuando ramifica de la célula principal *energía* para la célula *eléctrica* saliendo cuatro ramificaciones: “*elektro*”, *contacto*, *atrído* e *inducción*, pueden estar queriendo mostrar diferentes formas de electrizar, en el sentido de que en este procedimiento se está generando energía (mostrando una buena señal de la electrostática que se estudió en el primer semestre, antes de nuestra acción integrada). Mientras tanto efectúa otra ramificación independiente, a partir de la célula inicial pasando por la *energía potencial* llegando a *energía potencial electrostática* sin ningún relacionamiento en los procesos de electrización.

En el segundo mapa (Figura 4), el alumno ya empieza a mostrar cierta regularidad en relación a un estándar esperado en la elección y disposición de los conceptos en la ramificación jerárquica y en el relacionamiento efectuado. Ya organiza mejor la disposición de los conceptos en relación al mapa anterior, sin embargo no invierte en conectivos ni se preocupa con relaciones unívocas o biunívocas. Por mostrar cierta tendencia relativa al recorte que efectuamos sobre el tema, el mapa fue definido como

regular. Lo que, por ejemplo, queda bien caracterizado cuando crea un ramo único a partir de la célula inicial, de una secuencia relacionada a la generación de la placa solar, sin colocar conceptos específicos sobre el asunto.

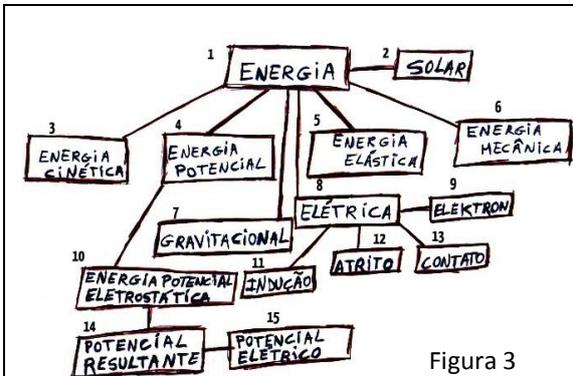


Figura 3

Alumno 03, mapa 1. Traducción: 1. Energía, 2. Solar, 3. Energía cinética, 4. Energía potencial, 5. Energía elástica, 6. Energía mecánica, 7. Gravitacional, 8. Eléctrico, 9. Electrón, 10. Energía potencial electrostática, 11. Inducción, 12. Fricción, 13. Contacto, 14. Potencial resultante, 15. Potencial eléctrico.

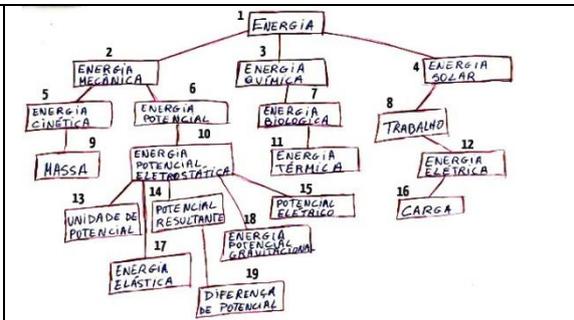


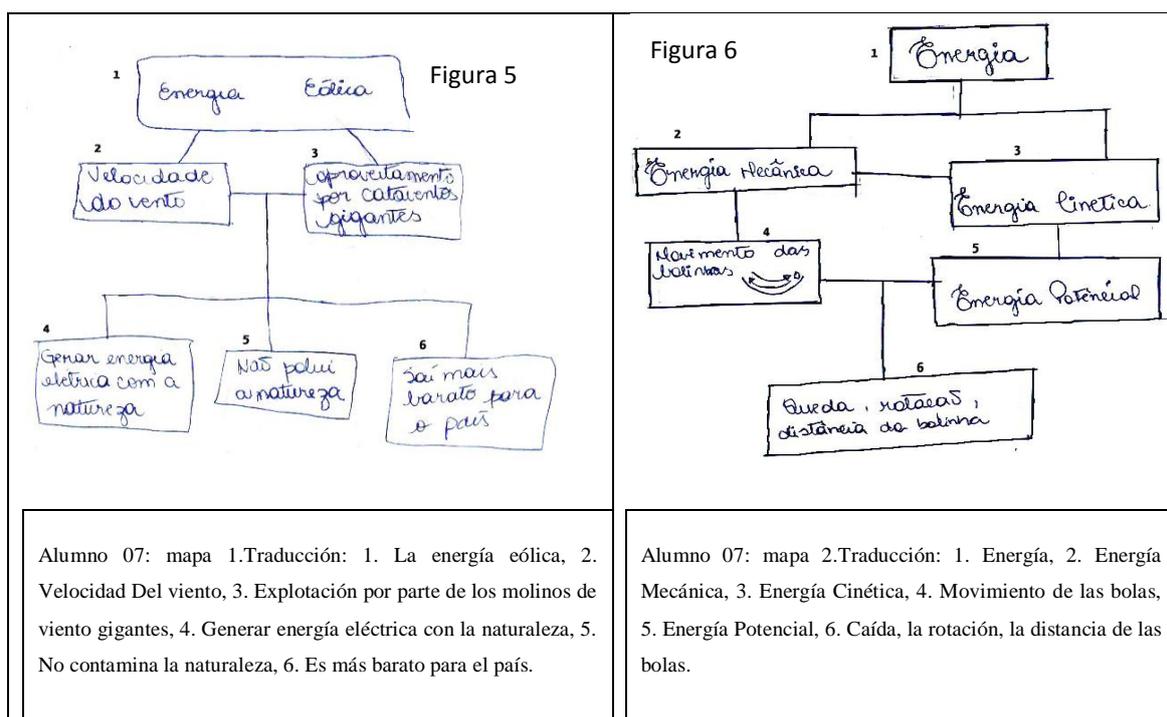
Figura 4

Alumno 03, mapa 2. Traducción: 1. Energía, 2. Energía Mecánica, 3. Energía Químico, 4. Energía solar, 5. Energía cinética, 6. Energía potencial, 7. Energía biológica, 8. Trabajar, 9. Masa, 10. Energía potencial electrostática, 11. Energía térmica, 12. Energía Eléctrica, 13. Unidad de potencia, 14. Potencial resultante, 15. Potencial eléctrico, 16. Carga, 17. Energía elástica, 18. La energía potencial gravitatoria, 19. diferencia de potencial

**Alumno 07: mapa 1 (Nd) y mapa 2 (Pd).** En relación al primer mapa (Figura 5), en la célula principal, que envuelve el concepto más general e inclusivo, fue colocado el concepto *energía eólica* (tratándose de un mapa específico sobre este tema). Ramifica para el concepto *velocidad del viento* (en una estructura híbrida entre ciencia y medio ambiente), y para el concepto *Veleta (cata-vento) gigante* (de razón tecnológica). A partir de ahí el mapa es ramificado jerárquicamente para tres células, que se preocupan más en incluir proposiciones en el lugar de conceptos. Efectúa eso a través de una secuencia adecuada envolviendo razones que no pueden ser simplemente consideradas como conceptos de naturaleza socio-ambiental. Así, a nuestro ver, se trata más de un diagrama simplificado de naturaleza científica, social, y ambientalista de que de un mapa. Por este motivo, no podemos en nuestra clasificación situarlo como un mapa de poca definición y resolvemos colocarlo como un mapa de ninguna definición. Esta situación se constituye en un dilema para quien evalúa la estructura de un contenido por mapa y da de frente como un diagrama

que presenta cierta estructura clasificatoria a ser considerada, pero que no se constituye en un mapa.

En relación al segundo mapa (Figura 6), el se configura como de poca definición en la estructura jerárquica y en el relacionamiento conceptual. Una vez que, en esta etapa de acción integrada aún busca situarse apenas en mostrar conceptos relacionados al **experimento 10** (trabajado por la **estrategia didáctica 1**), que se limita al abordaje conceptual de la energía mecánica.

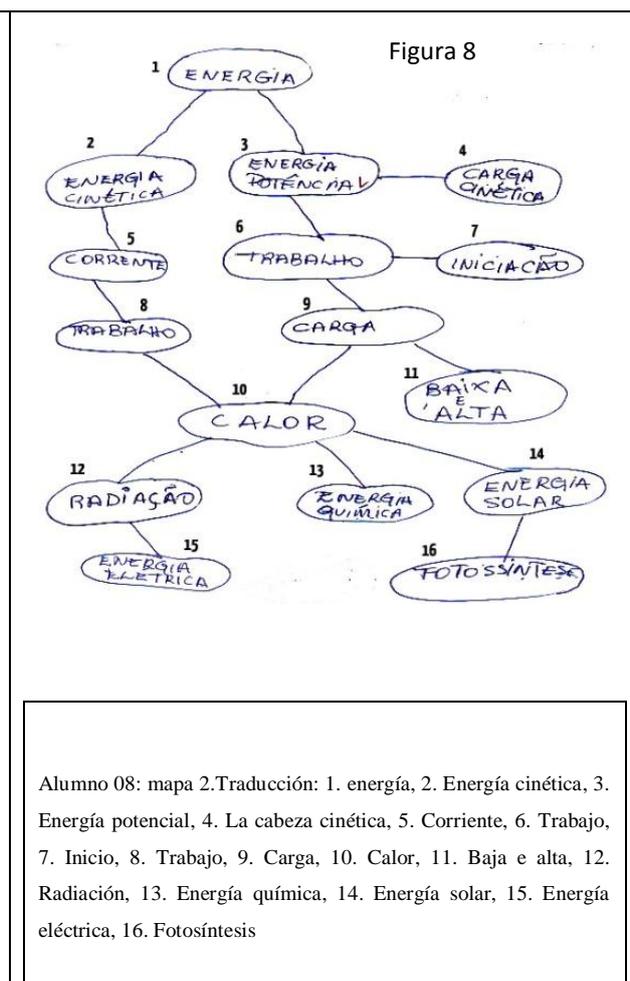
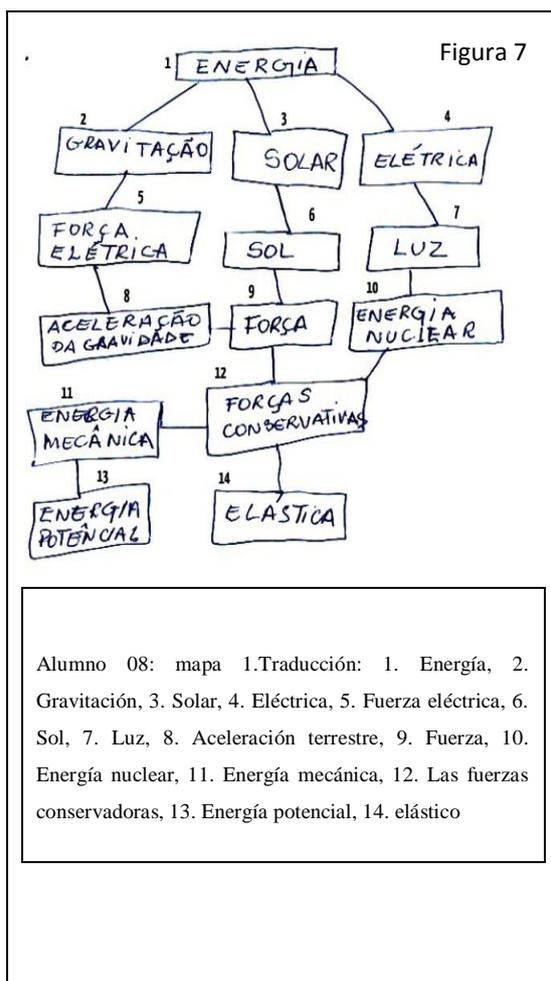


**Alumno 08: mapa 1 (Nd), mapa 2 ((Pd), y mapa 3 (Rd).** Con relación al primer mapa (Figura 7), el alumno principiante en la confección de mapas envuelve catorce conceptos con algunos no siendo de tanta relevancia para el tema energía por tratar o tener una relación directa con el concepto de fuerza. Por su vez, los conceptos desarrollados, no se estructuran dentro de una jerarquía y relacionamiento adecuados, de forma que resolvemos atribuir que no existe ninguna definición. Aún entre los conceptos relevantes al tema, la disposición no muestra ninguna relación de como ellos se estructuran en relación al mapa estándar que establecemos para descripción del campo conceptual en cuestión. Por ejemplo, el concepto energía mecánica presentado en la jerarquía al final del mapa se encuentra en la secuencia conectado a energía potencial. Sin embargo no aparece el de energía cinética, siendo recordado el concepto de fuerza conservativa que no presenta un relacionamiento

directo con la energía mecánica. Por eso, clasificamos como un mapa como de ninguna definición.

Cuanto al segundo mapa (Figura 8), son trabajados 15 conceptos, que ya comienzan a caracterizar el tema de forma más amplia porque consigue mostrar reflejos del enlazamiento conceptual contenido en la programación didáctica trabajada a partir de la primera visita. Sin embargo, comete el error de envolver muchas especificidades luego en la salida de la célula principal. Lo que es mostrado cuando ramifica para *energía potencial* yendo para *trabajo* para después llegar a la *carga* y ramificar en dos ramos: dónde uno, presenta una célula colocando *alta* y *baja* (que podría estar refiriéndose al efecto electroquímico en el proceso de carga entre las placas de la batería); y el otro ramo, llega a una célula presentando el concepto calor. Que por su vez, ramifica para tres ramos para llegar a las células: radiación, energía química, y energía solar (Tal vez, invirtiendo la jerarquía en el sentido de expresar que eran formas de energía que giraban calor o apenas queriendo establecer una relación de calor con estas formas de energía). En este punto falta al mapa una definición, hasta porque también ahí, relaciona calor a la energía solar y no relaciona esa a la radiación. Y aún coloca la radiación, oriunda jerárquicamente del calor apenas relacionado a la generación de energía eléctrica. Mientras que la energía solar al final queda relacionada en la secuencia apenas a la fotosíntesis (concepto que no se encuentra envuelto directamente dentro de nuestro recorte, a no ser por el hecho que en la estrategia 4, de haber quedado una opción de efectuarse una relación analógica como el efecto fotovoltaico de nuestra programación). Por el mapa queda también una asociación incorrecta que un fenómeno como el de la fotosíntesis ocurre en razón de la energía solar transmitir calor; y también otra incorrección de la generación de energía eléctrica se da por transmisión de calor por irradiación. Siendo el efecto fotovoltaico en la producción de energía eléctrica de naturaleza cuántica (trabajado en la **estrategia 4**), que no se encontraba caracterizada en el mapa. Quedando difícil saber lo que estaba siendo conceptualizado en la mente de este alumno. Por otro lado, en otro ramo independiente que sale de la célula inicial aparece la energía cinética que no se relaciona a energía potencial, y en la secuencia del ramo sólo se relaciona al trabajo a partir de la corriente. A pesar de este mapa mostrar una mejor comprensión del alumno de la estructura conceptual relativa al tema comparado con el mapa anterior, algunos procedimientos en el relacionamiento y en la jerarquización aún son equivocados o se encuentran indefinidos, lo que nos llevó a clasificar el mapa como de poca definición.

En el tercer mapa (Figura 9), el alumno cambia su característica y altera algunos de los conceptos antes utilizado para presentar un mapa volcado para aspectos técnicos científicos conectados a los generadores de energía eléctrica. Así ese mapa se refiere a la **clase de situaciones de enseñanza 1**, que en la verdad fueron los fenómenos más trabajados, dónde fue dado un mayor énfasis durante la visita a la exposición y consecuentemente en la programación didáctica. Inclusive no actuando sobre todo el recorte, el mapa aún trae muchos problemas en el relacionamiento y jerarquización de conceptos y utiliza un procedimiento que no había efectuado antes, cuando utilizó en células conceptuales una definición formal que estaría conectada en la secuencia a un concepto (procedimiento este que también ya había sido mostrado en el análisis del mapa de otro alumno). Al todo entre los tres mapas analizados, tal vez, por utilizarse más del recorte efectuado en este estudio, el alumno se aproxima más de una regularidad en la definición del mapa dentro de los criterios establecidos de adecuación a la estructura conceptual de la programación didáctica.



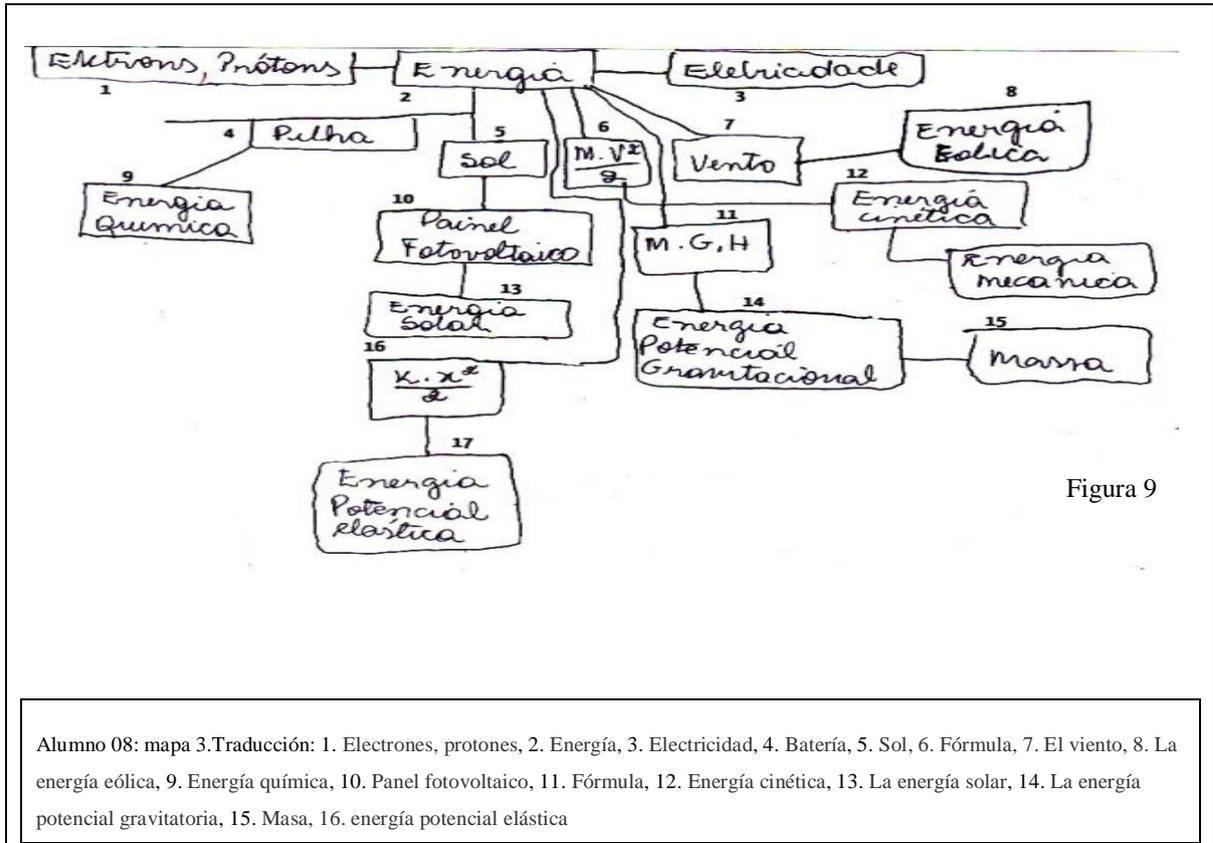
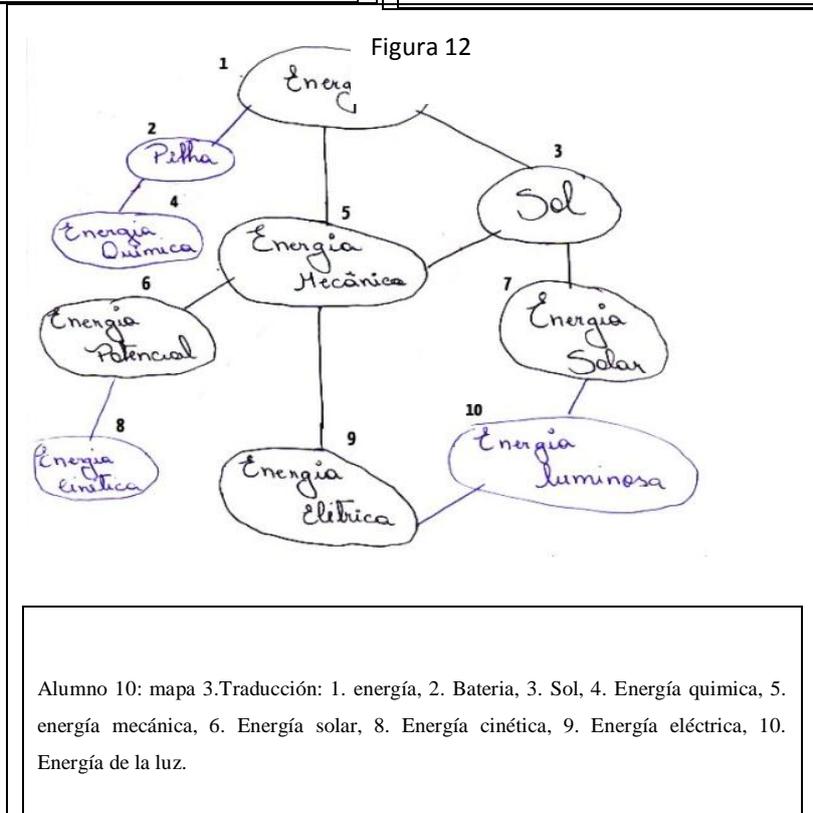
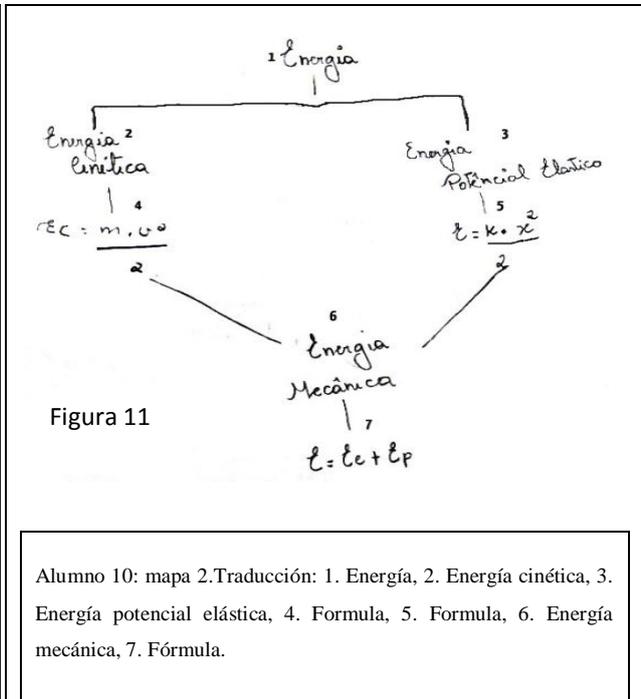
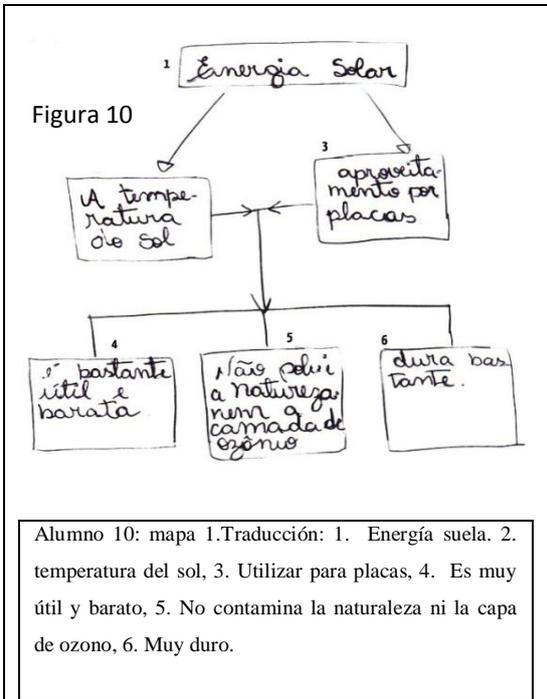


Figura 9

**Alumno 10: mapa 1 (Nd), mapa 2 (Rd) y mapa 3 (Rd).** Con relación al primer mapa (Figura 10) se configura en la confección de un diagrama dentro de las mismas características ya mencionadas en el análisis del primer mapa de los **alumnos 2 y 7** tomados como ilustración en el análisis efectuado. Un procedimiento que se extendió a muchos otros elementos del grupo, mostrados en la **tabla-2**, clasificados en este mapa con ninguna definición. Cuanto al segundo mapa (Figura 11), a pesar de envolver apenas cuatro conceptos, contrariando al buen sentido de buscar efectuar una exploración mayor del tema, se optó en razón de la presentación de una asociación de definición en relación a la energía mecánica que el mapa se constituía como un mapa de regular definición. Este procedimiento ocurrió en razón de la prioridad dada a este asunto en esta etapa del estudio, inclusive omitiendo otros conceptos relevantes que ya constaban de la programación en esta etapa de revisión y preparación para la primera visita. Esta decisión también se apoya en lo que fue complementado en el tercer mapa (Figura 12), que es un mapa que pasa una visión más general en la etapa final de la programación. Sin embargo, en la condición de último mapa, por no mostrar más detalles y especificidades en la exploración conceptual envuelta en el recorte, una vez que, deja de presentar una visión más amplia de la programación

propuesta. Por esa razón, en comparación con el estándar esperado, clasificamos el mapa como de regular definición, dentro de una condición considerada satisfactoria.



**Alumno 15: mapa 1 (Pd), mapa 2 (Pd), mapa 3 (Rd).** El alumno muestra, desde la confección del primer mapa (Figura 13) que, el trabajo efectuado en la escuela de orientación para confección de mapas, hasta en algunos aspectos más específicos, como en la utilización de escritos en los conectivos de conexión, de cierta forma, surtió algún efecto inmediato. Esta observación es necesaria una vez que, por el resultado mostrado en la **tabla-3** se observa que la grande parte de los alumnos no mostró una definición aún que pueda ser considerada como satisfactoria. Por el hecho de que la gran mayoría aún no se encuentra debidamente preparada para la elaboración de un mapa. Este mapa muestra en su estética de presentación ser un mapa completo en su organización, a pesar de que en algunas células presente sentencias verbales que expresan más hechos y características de que conceptos. Dentro del estándar que establecemos para una estructura conceptual a la luz del aprendizaje significativo, en esta primera etapa de revisión y preparación para la primera visita, este mapa no muestra una buena organización en el relacionamiento y jerarquización conceptual. No es mostrada así, una adecuación de la estructura cognitiva de ese alumno, que caracteriza una estructura conceptual del asunto dentro de la previsión científica. Esta afirmación se apoya en algunos hechos como lo que ocurrió en la ramificación de la célula inicial, dónde la energía cinética y potencial se encuentran en el mismo nivel jerárquico de la energía mecánica. Por otro lado, estas energías de naturaleza mecánica no se encuentran relacionadas directamente entre sí. A pesar del alumno ya mostrar conocer mucha información conceptual de lo que va a ser presentado a él en la exposición. De forma que, la organización relativa a la estructuración conceptual aún no es hecha de una manera articulada que muestre cierto dominio conceptual de la programación en el estudio. Por otro lado en algunas células finales más específicas, el alumno continuo a presentar sentencias verbales bien más hechas y características que expresan conceptos.

En el segundo mapa (Figura 14), el alumno simplifica su procedimiento reduciendo el número de conceptos utilizados y posicionándose más dentro de los aspectos generales sobre el asunto. Sin embargo continúa a incidir en el mismo error, en no mostrar relaciones definidas relativas a la energía mecánica, siendo esa una de las razones en mantener la clasificación del mapa como de poca definición estructural. En el tercer mapa (Figura 15), el alumno vuelve al estilo ya referido de la confección del primer mapa, sin embargo, colocando mucho más conceptos y consecuentemente buscando mostrar más detalles y

especificidades, mostrando una estructuración conceptual mucho más situada en el recorte del estudio con relación a la producción de energía eléctrica. Así, además de mejorar en algunos aspectos específicos, muestra un mapa más rico en informaciones dentro de nuestra previsión. También busca envolver más conceptos tecno-científicos. Sin embargo, aún mantiene el mismo error cometido no primer mapa, en la estructuración jerárquica de la energía mecánica. Por existir una mejor organización en la jerarquización y especificación conceptual relativa a las diferentes formas de generar energía eléctrica, la clasificación de ese mapa pasó a ser de regular definición.

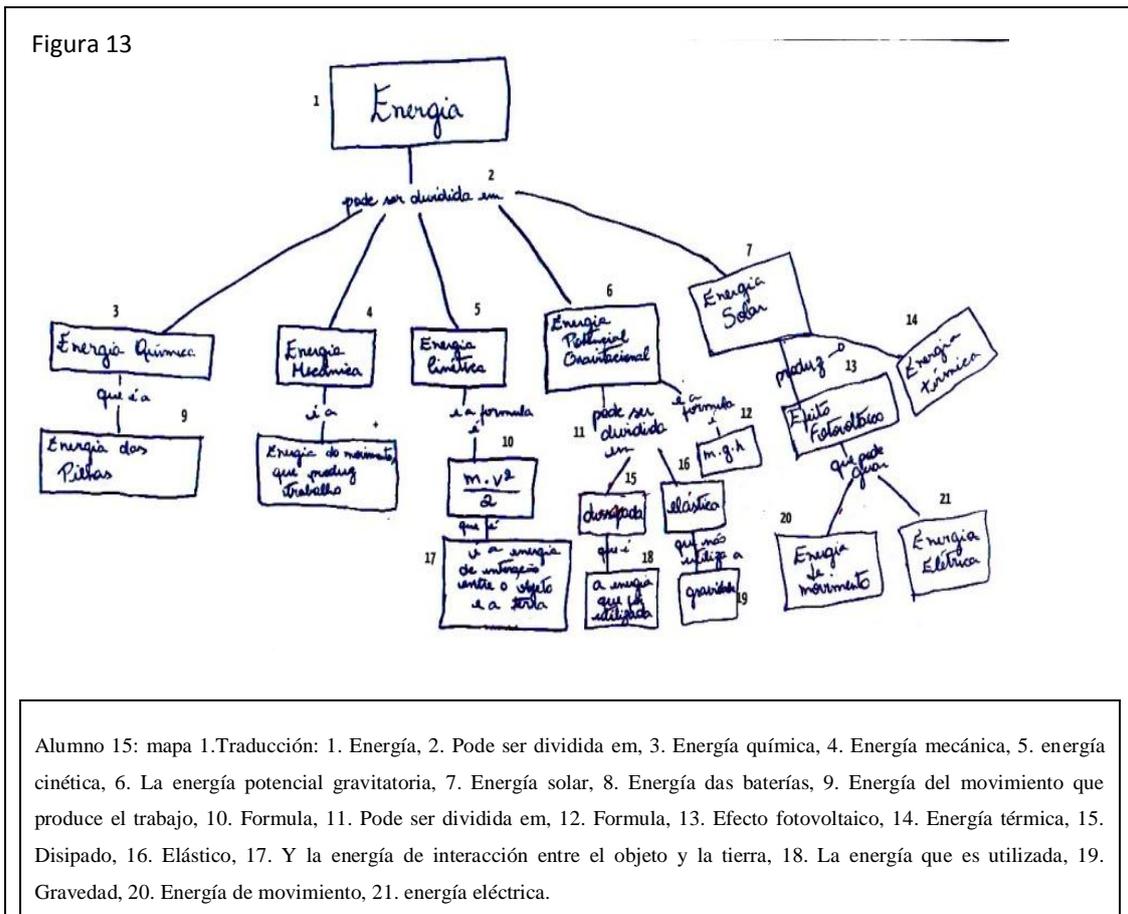
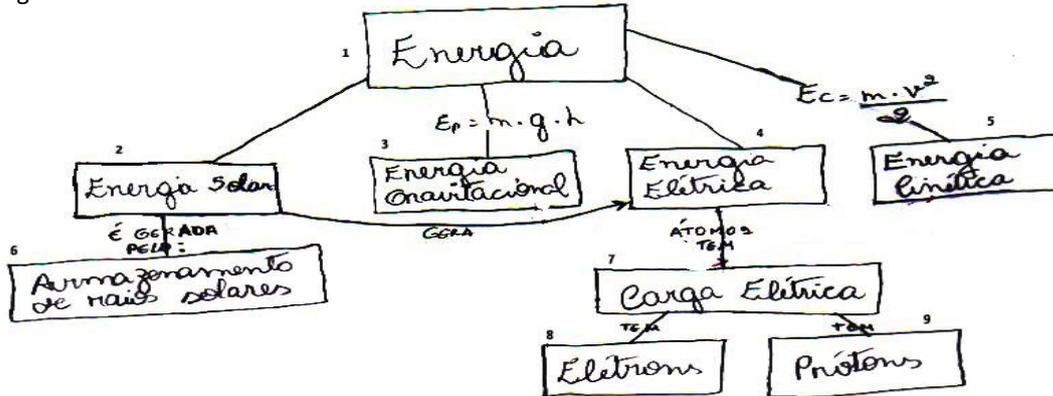
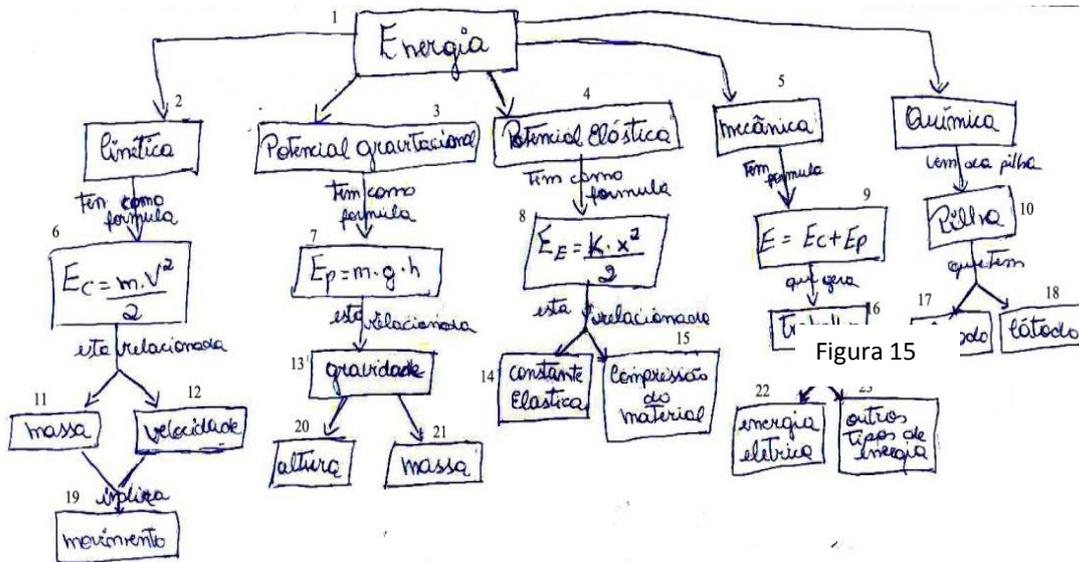


Figura 14



Alumno 15: mapa 2. Traducción: 1. Energía, 2. Energía solar, 3. La energía gravitacional, 4. Energía eléctrica, 5. Energía cinética, 6. almacenamiento de la luz del sol, 7. La carga eléctrica, 8. Los electrones, 9. los protones.

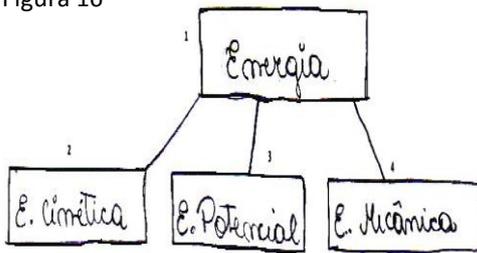


Alumno 15: mapa 3. Traducción: 1. Energía, 2. El potencial cinética, 3. Gravitacional, 4. Potencial elástica, 5. Mecánica, 6. Fórmula química, 7. La fórmula, 8. La fórmula, 9. La fórmula, 10. Pila, 11. Masa, 12. Velocidad, 13. Gravedad, 14. Elástica de compresión constante, 15. De material, 16. Mano de obra, 17. Ánodo, 18. Cátodo, 19. El movimiento, 20. La altura, 21. Masa, 22. Energía eléctricos, 23. Otros tipos de energía.

**Alumno 19: mapa 1 (Nd), mapa 2 (Pd), mapa 3 (Rd).** Esa es más una de las situaciones analizadas en que se inicia en el primer mapa (Figura 16), con poquísimos conceptos que no muestran una estructura definida, caracterizando el mapa como de ninguna definición. Ya en el segundo mapa (Figura 17), este comportamiento viene a mejorar el procedimiento

envolviendo un número mucho mayor de conceptos, pero presentando aún una estructuración con poca definición. Por su vez, presenta un contexto tecno científico que no se encuentra directamente conectado al recorte de nuestro estudio. En el tercer mapa (Figura 18), es observado que existe una estructura conceptual con mejor definición que pasa a mostrar aspectos más generales trabajados en el recorte tecno científico de nuestro estudio. Este mapa muestra que el alumno consigue evolucionar para una concepción estructural regular en relación al estándar que establecemos.

Figura 16



Alumno 19: mapa 1. Traducción: 1. energía, 2. Energía cinética, 3. Energía potencial, 4. Energía mecánica.

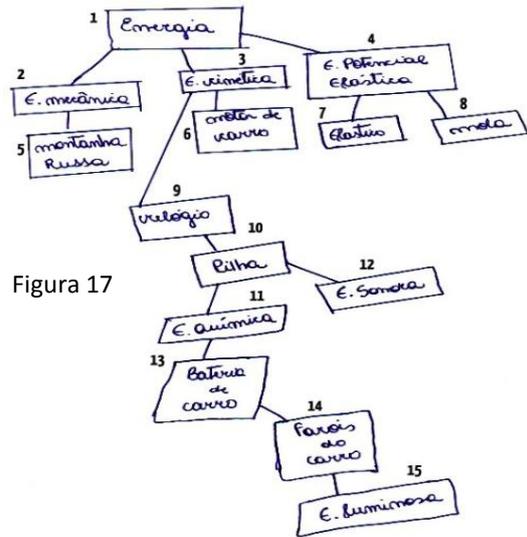
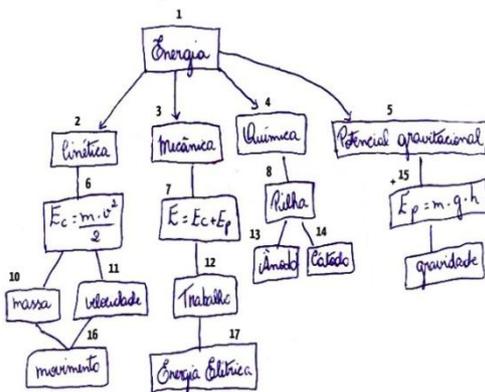


Figura 17

Alumno 19: mapa 2. Traducción: 1. Energía, 2. Energía mecánica, 3. Energía cinética, 4. Energía potencial elástica, 5. Montaña, 6. motor de un coche, 7. elástica, 8. la primavera, 9. el reloj, 10. la batería, 11. la energía química, 12. la energía del sonido, 13. la batería del coche, 14. faros de los coches, 15. energía de la luz.

Mapa conceptual

Figura 18



Alumno 19: mapa 3. Traducción: 1. Energía, 2. cinética, 3. mecánica, 4. química, 5. potencial gravitatoria, 6. fórmula, 7. fórmula, 10. velocidad, 11. trabajo, 12. ánodo, 13. cátodo, 14. I, movimiento, 16. la energía eléctrica, 17. la gravedad.

**Alumno 24: mapa 1 (Pd), mapa 2 (Pd), mapa 3 (Pd).** Se trata de un ejemplo a ser ilustrado dónde el proceso evolutivo en la sucesión de los mapas no quedó caracterizado. En el primer mapa (Figura 19) caracterizamos con un desempeño de poca definición, por envolver pocos conceptos relativos al tema y mostrar una relación jerárquica que no se encuentra bien definida entre los conceptos relativos a la mecánica. En otro ramo este mapa presenta la energía solar apenas relacionada al concepto radiación, sin efectuar mayores referencias conceptuales. En el segundo mapa (Figura 20) es ampliado el número de conceptos utilizados y el mapa busca entrar más en el contexto técnico-científico (sin embargo, fuera directamente del contexto que utilizamos en nuestra programación a partir de la exposición). Mientras tanto la jerarquización y el relacionamiento entre conceptos no muestran las conexiones esperadas en relación a la naturaleza mecánica de la energía y aún omite los conceptos importantes de trabajo y de la energía potencial. Por esa razón nuestra comprensión fue la de que, se trataba aún de un mapa con poca definición. En relación al tercer mapa (Figura 21), el alumno amplía el número de conceptos utilizados y pasa a situarse más en la programación propuesta, buscando mostrar un abordaje tecno científico. Sin embargo el alumno no evoluciona en la estructuración conceptual, mantenido en las incorrecciones en el relacionamiento y en la jerarquización entre los conceptos presentados. Lo que provocó continuar a mantener este mapa en la categoría de poca definición estructural. Este comportamiento de no evolución de forma satisfactoria, como ya mostramos, para desarrollar mapas por lo menos, considerados regulares, en verdad ocurrió con una minoría del grupo.

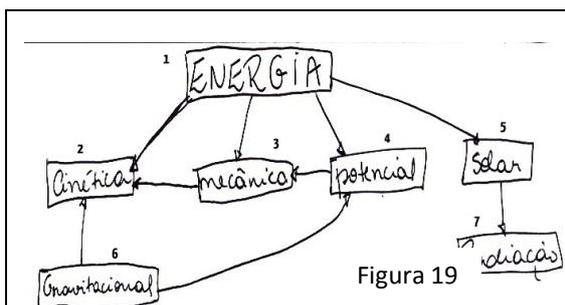


Figura 19

Alumno 24: mapa 1. Traducción: 1. Energía, 2. cinética, 3. mecánica, 4. potencial, 5. la energía solar, 6. la gravedad, 7. radiación.

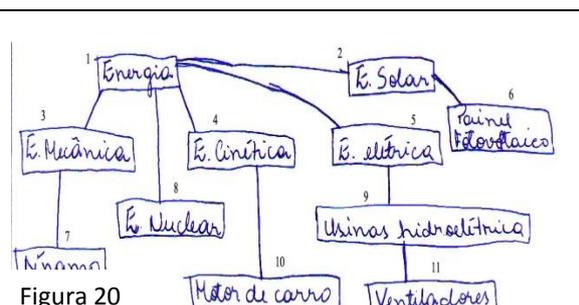


Figura 20

Alumno 24: mapa 2. Traducción: 1. Energía, 2. La energía solar, 3. Energía mecánica, 4. Energía cinética, 5. Energía eléctrica, 6. Panel fotovoltaico, 7. Dinamo, 8. Energía Nuclear, 9. Hidroeléctrico, 10. Motor de coche, 11. Los fans

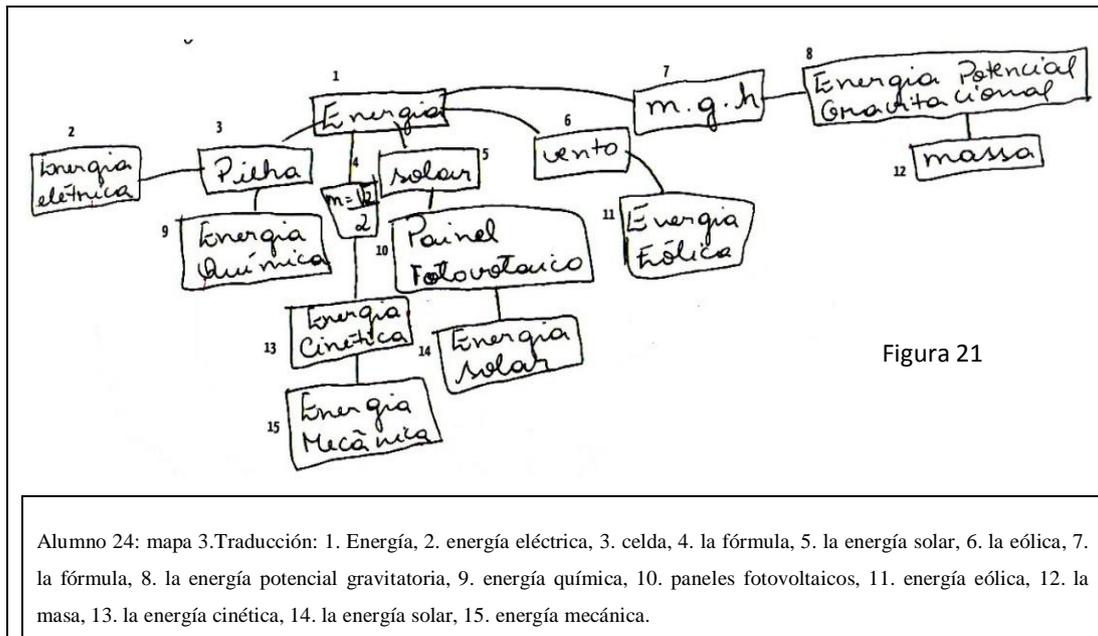
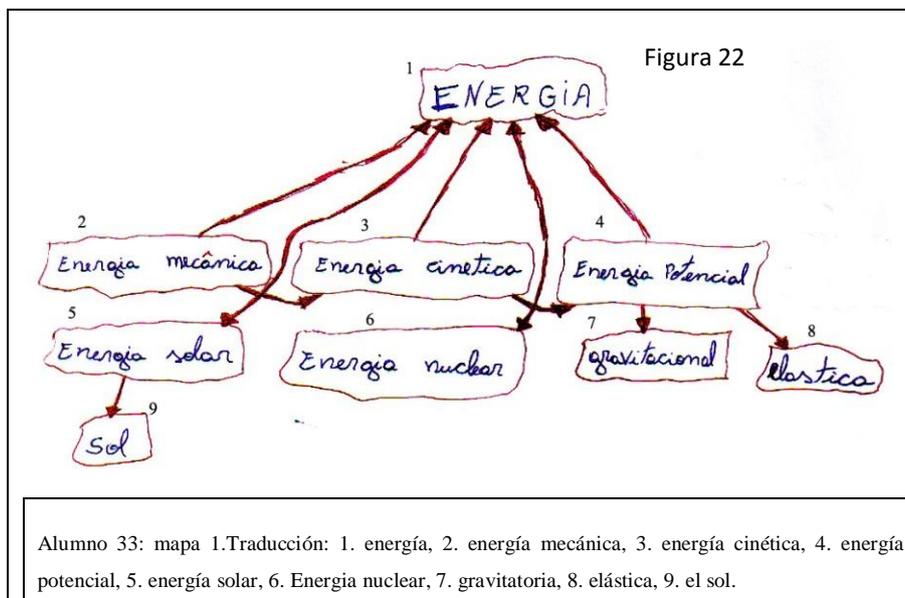


Figura 21

**Alumno 33: mapa 1 (Nd), mapa 2 (Pd), mapa 3 (Pd).** En el primer mapa (Figura 22), el de menor cantidad de conceptos presentados existe incorrecciones en la jerarquía vertical establecida, en el hecho de las células, dónde se encuentran, la *energía mecánica*, la *energía solar* y la *energía nuclear* no ser mostradas en un mismo nivel en la organización. Las células referentes a la *energía cinética* y la *energía potencial* no deberían estar relacionadas utilizando una flecha en un único sentido, dando una comprensión de una mayor relevancia a la energía cinética. Como la energía mecánica ya se encontraba jerárquicamente conectada a la célula inicial, los diferentes tipos de energía mecánica deberían constar abajo caracterizando la jerarquía. Siendo la jerarquía establecida en el mapa vertical, las energías cinéticas y potenciales no deberían ser mantenidas en el mismo nivel de la energía *mecánica* y sí juntas, en un mismo nivel más abajo y conectadas entre sí en una relación biunívoca. Por otro lado, la energía solar y la energía nuclear deberían encontrarse mejor posicionados en la organización del mapa. Por estas razones consideramos el mapa como de ninguna definición. El segundo mapa (Figura 23) presenta en relación a la energía mecánica el mismo tipo de error, sin embargo, existe una tendencia a mejorar la disposición. Lo que se justifica por el hecho de la célula potencial (energía potencial) a pesar de preceder jerárquicamente a la célula cinética (energía cinética), esa se encuentra en el mismo nivel de la célula gravitacional (energía potencial gravitacional) que se encuentra dispuesta abajo en la jerarquía de la célula potencial. Así a pesar de la relación aún ser inconsistente, una relación entre energía potencial gravitacional y energía cinética en un

mismo nivel jerárquico pasa a atender a una estructuración más adecuada. En relación a otras naturalezas de energía este mapa coloca más subsidios conceptuales y efectúa una mejor organización en relación al primer mapa. El mapa también procura situarse más dentro del recorte que efectuamos sobre el tema Por estas razones en este mapa interpretamos que existió una evolución para poca definición (una clasificación aún considerada como insatisfactoria). Cuanto al tercer mapa (Figura 24), es mostrada una disposición más vertical, preocupada en abordar conceptos tecno científicos, dentro del recorte de este estudio sobre el tema. Existen dificultades en la jerarquía en la organización de los conceptos aún relativos a la mecánica (mostrando que en la sucesión de los mapas ellos fueron mantenidos). Por ejemplo, la energía potencial elástica y la energía eólica aparecen en ramos independientes y sin una relación directa con la energía mecánica. Creemos que, en relación a la energía mecánica este mapa retrocede un poco en la organización en comparación con el mapa anterior. Sin embargo, en relación a otras naturalezas de energía y en los aspectos tecnológicos las características son mantenidas. En nuestro análisis, decidimos mantener este último mapa, en la misma categoría anterior de poca definición. Así siendo, este alumno prácticamente no mostró ninguna evolución significativa de aprendizaje que pudiese ser considerada satisfactoria en la secuencia de la programación utilizada, en razón de lo que fue mostrado por la construcción de los mapas.



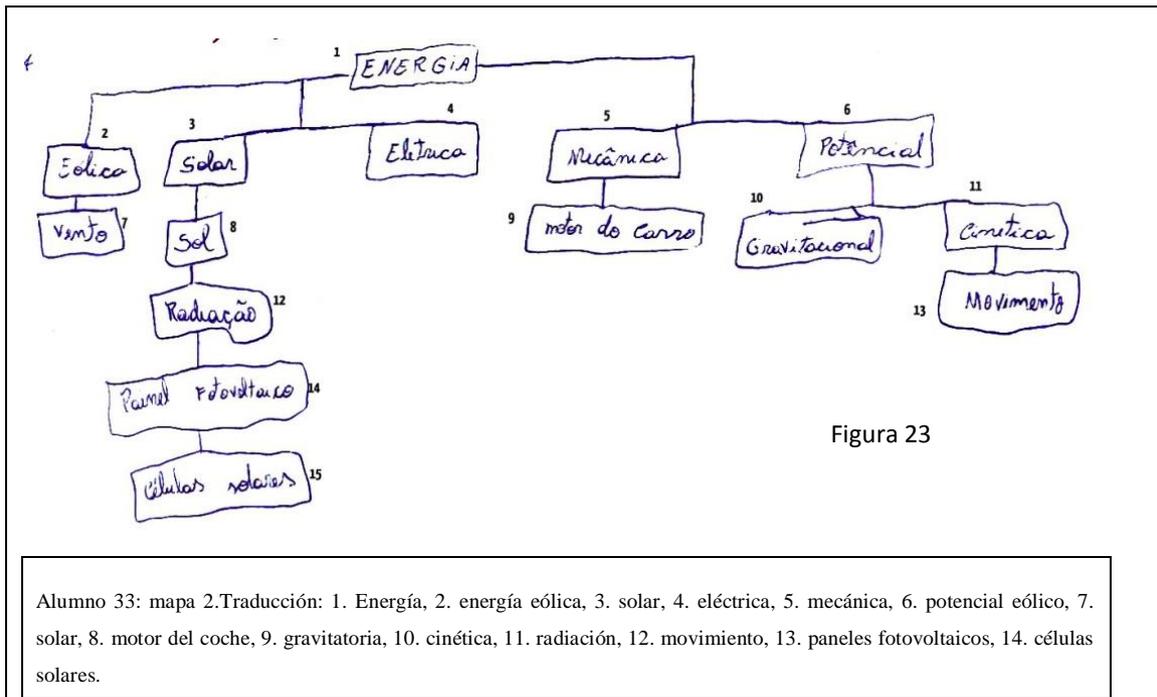


Figura 23

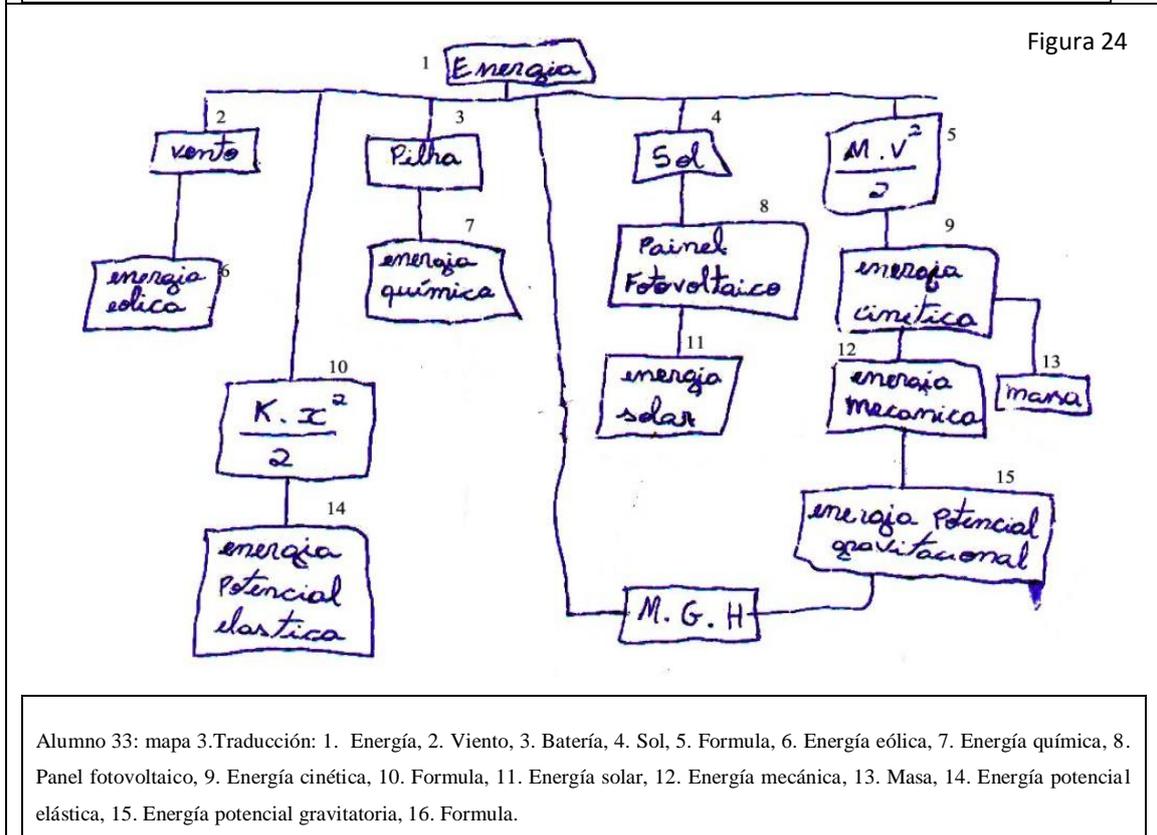


Figura 24

Para concluir la presentación de los resultados obtenidos por los mapas conceptuales, es importante justificar una tendencia en la regularidad de los mapas que ocurrió a partir del abordaje de las tres diferentes formas que utilizamos en nuestro contexto

de la vida en generar electricidad para consumo. Como puede ser observado en la mayoría de los casos considerados como ilustración, principalmente en relación al último mapa elaborado, los alumnos buscaron, en la mayoría de las veces, dirigir su confección, para atender apenas a una parte de nuestro recorte sobre energía de la programación, al cual ya nos referimos. Procediendo de esta forma, existió una omisión en tratar de los aspectos relativos al aprovechamiento de energía solar para calentamiento, perteneciente a la **clase de situación de enseñanza 2** y de tratar de la generación electrostática. No fue una orientación que partió de nuestra parte para el profesor de la asignatura, que también se posicionó en no ser una orientación suya. Creemos que haya sido una acción que nació en el grupo en función de un mayor énfasis que fue dado al abordaje del contenido en la generación de energía eléctrica para consumo. En la programación didáctica utilizada estaba previsto que destacaríamos la importancia de la generación de electricidad para consumo en la perspectiva de la tecnología explorada por la **clase de situación de enseñanza 1**. Las **estrategias 1, 2, 3 y 4**, entre las seis estrategias utilizadas tenían la preocupación de efectuar el abordaje de la energía para consumo dónde era buscado dar un mayor destaque en la programación de la acción integrada. Sin embargo la generación electrostática trabajada apenas por la **estrategia 5** era el experimento de la exposición que despertaba el mayor interés en los momentos de la visita. Por su vez, la **clase de situaciones de enseñanza 2** que utilizaba apenas la **estrategia 6**, los experimentos que enfocaban el calentamiento por irradiación solar, inclusive despertando intereses eran los experimentos dónde fue dado un menor énfasis en el trabajo efectuado. De forma que la actitud tomada por la mayoría de los alumnos que presentaron un mapa con definición regular, principalmente en la confección del tercer mapa, debe haber sido influenciada en razón del destaque efectuado. Que puede haber propiciado un dominio conceptual mayor que dio más seguridad para la estructuración de un mapa dentro de este recorte más simplificado. Lo que queda registrado es que la grande mayoría de los alumnos, clasificados con desempeño satisfactorio, dejó de abordar más ampliamente la programación. En la narrativa cualitativa descriptiva efectuada en el ítem anterior, las dificultades presentadas para una acción integrada ya caracterizan y justifican mejor, los límites encontrados para desarrollar más ampliamente nuestra propuesta.

### **5.3.3 Test de Asociación Numérica de Conceptos (TANC).**

El test de asociación numérica de conceptos fue compuesto por 13 conceptos que relacionados a los pares formaran 72 ítems para ser respondidos numéricamente usando la

siguiente escala numérica: **1** (muy fuerte relacionamiento); **2** (fuerte relacionamiento); **3** (medio relacionamiento); **4** (flojo relacionamiento); **5** (ningún relacionamiento). La hoja de respuestas estándar de corrección del test tomó como referencia las respuestas del investigador/especialista de los ítems del test. Que, por su vez, efectuó sus respuestas con base en la estrategia didáctica de la presentación del contenido de la programación didáctica. En el criterio de puntuación establecido fue atribuido 1 punto por acierto a cada ítem. Mientras tanto para efecto de puntuación en los aciertos, llevamos en cuenta el grado de subjetividad en estas respuestas, debido a que, la opción que atribuimos como especialista a algunos ítems mostraba existir cierta duda. Que llevaba a cierta oscilación entre dos puntuaciones próximas (relativas a dos categorías), que podrían ser una opción correcta. Sin embargo, en la hoja de respuestas estándar que confeccionamos constaba apenas un único resultado para cada ítem. Así, debido a la subjetividad existente en el montaje que efectuamos de las puntuaciones para el estándar de corrección, llevamos en cuenta una flexibilización para la respuesta correcta del alumno, aceptando el resultado de la clase vecina, arriba o abajo en la escala, dependiendo del grado de afinidad que atribuimos a los conceptos. Llevamos así en cuenta, que deberíamos también puntuar en la proximidad del resultado estándar, por ejemplo, entre las puntuaciones 1 y 2, o 4 y 5, o aún entre 2 y 3 o 3 y 4. Así, como en la ilustración, si el resultado estándar del test a un determinado ítem es 1 (muy fuerte relacionamiento) y el alumno respondió con el resultado 2 (fuerte relacionamiento), este ítem será validado como cierto valiéndolo también 1 punto.

Como el test entero presenta puntuación máxima de 72 puntos, con este criterio, un alumno que señale correcto, el próximo acertaría todas las cuestiones, obteniendo los 72 puntos. Consideramos en el criterio de clasificación utilizado en función de la puntuación que, el resultado medio representa 36 puntos; y que, la probabilidad estadística de acierto al acaso, al responder por suerte-azar las puntuaciones de 1 a 5, permite la oportunidad de acierto al acaso en el criterio considerado de  $(2/5)$  de probabilidad por ítem. Lo que corresponde a aproximadamente 29 puntos. Así en nuestro criterio, un resultado de aciertos que menor o igual a 29 puntos es considerado en la clasificación como ineficiente. Consideramos también que a partir de  $(4/5)$  de aciertos (80 % del test), es decir, aproximadamente con 57 puntos ya tenemos un óptimo resultado.

Con base en las consideraciones efectuadas, el criterio de clasificación utilizado para evaluar la eficiencia del alumno en el test en función de la puntuación obtenida, tomó por base las cinco clases presentadas a seguir: a partir de 57 puntos tenemos una óptima

eficiencia (OE); entre 43 puntos, aproximadamente (3/5) del test, y 56 puntos de aciertos tenemos una buena eficiencia (BE); del resultado medio de 36 puntos hasta 42 puntos tenemos una regular eficiencia (RE); a partir de 30 hasta 35 puntos tenemos una pequeña eficiencia (PE); y de ningún acierto hasta 29 puntos tenemos un resultado ineficiente o sin ninguna eficiencia (NE). La hoja de respuestas de las respuestas marcadas por el especialista juntamente con el test aplicado se encuentra en el **anexo 1**.

Así, nuestra clasificación de eficiencia a las respuestas del TANC, para efecto de un análisis cualitativo, llevo en cuenta un criterio que consideraba intervalos en el resultado cuantitativo para una sistematización coherente establecida en función de límites estadísticos definidos de la puntuación, para cada una de las clases establecidas. La **tabla-4** presentada abajo muestra el desempeño obtenido con la aplicación de este test. La participación en este test entre los 34 elementos del grupo fue diferenciada y los alumnos que participaron de las dos aplicaciones del test se encuentran discriminados en la tabla. Con 30 alumnos participando de la primera aplicación del test (**TANC-1**) y 20 alumnos participando de la segunda aplicación del test (**TANC-2**).

**Tabla 4 – Test de Asociación Numérica de Conceptos (TANC)**

<b>Clasificación en función de la puntuación</b>	<b>TANC – 1 30 participantes (alumnos discriminados)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>TANC – 2 20 participantes (alumnos discriminados)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
Ninguna eficiencia (Hasta 29 puntos)	1; 6; 11; 12; 14; 18; 25 32.	8 (27%)	8; 11; 30; 34.	4 (20%)
Pequeña eficiencia de 30 a 35 puntos	2; 4; 7; 8; 9; 13; 17; 20; 21; 23; 26; 27; 29.	13 (43%)	2; 6; 9; 12; 14; 18; 22; 23; 25.	9 (45%)
Regular eficiencia de 36 a 42 puntos	3; 5; 15; 19; 22; 24; 28.	7 (23%)	5; 10; 15; 16; 19; 20; 32.	7 (35%)

Buena eficiencia de 43 a 56 puntos	10; 16.	2 (7%)	Ninguna	Nula
Óptima eficiencia más de 56 puntos	Ninguna	Nula	Ninguna	Nula

Los resultados obtenidos mostrados en la **Tabla-4**, de la aplicación sucesiva del test, después de la primera visita y después de la tercera visita, no caracterizan una evolución del grupo en su perfeccionamiento conceptual relativo a lo que el test en sus especificidades podría mostrar. En el **TANC-1** tuvimos 70 % del grupo no correspondiendo a un rendimiento mínimo considerado satisfactorio en el relacionamiento específico entre conceptos relevantes que se encontraban en la estrategia didáctica de la programación. Una vez que tuvimos con pequeña eficiencia 43 % del grupo y con ninguna eficiencia 27 % del grupo. Cuanto al **TANC-2** tuvimos 65 % del grupo procediendo con poca diferencia en relación al test anterior, mostrando una pequeña eficiencia (45 %) y ninguna eficiencia (20 %) con un rendimiento en el desempeño abajo de satisfactorio. En razón de eso, concluimos que, la situación de la mayoría de los alumnos del grupo en el proceso evolutivo en razón del relacionamiento conceptual, prácticamente no ocurrió. Tuvimos entre las situaciones de regularidad y buen desempeño en el primer test, 9 alumnos (Lo que corresponde a 30 % de los participantes: los **alumnos: 3, 5, 10, 15, 16, 19, 22, 24 y 28**); y en la situación de regularidad en el segundo test, 7 alumnos (35 % de los participantes: los **alumnos: 5, 10, 15, 16, 19, 20 y 32**). Podemos observar que entre los participantes, 5 alumnos contestaron los dos tests: tres se mantuvieron con el mismo desempeño (los **alumnos: 5, 15 y 19**) y dos alumnos bajaron de categoría, de buena eficiencia para el de regular eficiencia (los **alumnos: 10 y 16**), reduciendo un poco su rendimiento, sin embargo, se manteniendo dentro de una condición aceptable en nuestro análisis. Los restantes en la situación de rendimiento aceptable (los **alumnos: 3, 20, 22, 24, 28 y 32**), como puede ser visto en la **tabla-4**, aparecen con desempeño diferenciado en el primero, o en el segundo test, aisladamente. Dos de ellos aparecen con rendimiento aceptable en el segundo test, cuando consiguieron evolucionar de una condición no aceptable para una aceptable (Los **alumnos: 20 y 32**). El **alumno 22**) deja la condición de un rendimiento aceptable en el primero test (de regular eficiencia), cayendo en el segundo test para un rendimiento no aceptable de baja

eficiencia en las respuestas. Por su vez, podemos observar que, los **alumnos 3 y 28**, participaron apenas en el primer test; y el **alumno 34** participó apenas del segundo. Los alumnos en esta situación no pudieron contribuir para el análisis de evolución individual de desempeño. También puede ser visto en la **tabla-4** que existieron muchas fluctuaciones de desempeño. Lo que puede ser una consecuencia, en algunos casos, de una falta de concentración para desprender esfuerzo intelectual, en la opción por respuestas más pensadas y menos aleatorias.

El rendimiento mostrado en la eficiencia y las respuestas con un promedio en las notas del grupo, en los dos momentos de aplicación del test, no es satisfactorio dentro de nuestra clasificación. El promedio de la puntuación del grupo en el **TANC-1** fue de 32,33 (Clasificada como poca eficiencia), y la del **TANC-2** fue de 32,00 (también con poca eficiencia). Por las características presentadas en el rendimiento de los alumnos en la **tabla-4**, del análisis efectuado, podemos concluir que, el grupo no mostró ningún proceso evolutivo en la aplicación sucesiva del test que evidenciase un perfeccionamiento conceptual. Lo que ocurrió debido a las fluctuaciones de algunos alumnos en una regresión en el desempeño del **TANC-2** y en el bajo desempeño mostrado por la mayoría de los alumnos en los dos momentos de respuesta. Inclusive la cantidad de alumnos que respondió el segundo test había disminuido, la diferencia en el rendimiento medio del primero, para el segundo test es prácticamente inexistente. Sin embargo, no podemos dejar de resaltar el comportamiento favorable (un resultado satisfactorio), de aproximadamente un tercio de los alumnos en respuesta al test. Principalmente, de aquellos que participaron de los dos momentos mostrando una evolución o manteniéndose estable en la clasificación. Un resultado que muestra ser apreciable, delante de las dificultades ya colocadas y presentadas por el grupo de alumnos.

Por otro lado en función de obtener confiabilidad en el resultado de este test, el test fue aplicado a un grupo de alumnos fuera de este estudio. Era un grupo de veinte alumnos de la secundaria de diferentes series de la red pública estadual, perteneciente a otra escuela, que efectuaron una única visita dentro de nuestra programación regular. Estos alumnos se dispusieron voluntariamente a contestar el mismo test, luego después de una única visita. Un grupo en visita cuya programación escolar no tenía ningún vínculo acordado con la programación de la exposición. En esta oportunidad buscamos efectuar una exposición interactiva enfatizando los mismos experimentos y conceptos constantes del TANC

utilizado en este primero estudio. La puntuación promedia obtenida para ese grupo de control fue 32,35.

A pesar de que estamos efectuando un estudio cualitativo, la innovación que estamos efectuando en la utilización de este test exige su aplicación a situaciones próximas en procedimientos y realidades de enseñanza, que dé más consistencia a la confiabilidad de los resultados. Necesitábamos así, evaluar el nivel de comprensión en el relacionamiento de conceptos después de un mismo tipo de abordaje-enseñanza, sin embargo, en un procedimiento simplificado a una única visita. Nuestra intención fue establecer una confiabilidad en la categorización para sistematización de los resultados del test, que expresase el dominio de una estructura conceptual trabajada, por lo que es colocado en el aprendizaje significativo en relación al abordaje del contenido. En el capítulo anterior cuando colocamos que íbamos a utilizar el TANC con nuevos propósitos, nos referimos a la necesidad de buscar más confiabilidad en el uso de esta técnica de evaluación.

Nuestra conclusión relativa a la utilización del TANC es que, por lo resultados presentados y por las características del test, no fue mostrada ninguna evolución en el perfeccionamiento conceptual del grupo como un todo en la secuencia del estudio. Podemos así concluir, en este primer estudio, en lo que se refiere a las especificidades con que los conceptos desarrollados se relacionan en este test, que la mayoría del grupo no mostró una evolución con un rendimiento favorable en la acción integrada. Sin embargo, conforme ya nos referimos, para algunos alumnos (un tercio de los participantes), la acción se mostró favorable con un nivel de participación satisfactorio. Mientras tanto, las fluctuaciones en los resultados mostrados entre el primero y el segundo momento de aplicación del test, para la mayoría, por lo menos para dos tercios de los elementos del grupo, se contraponen a una evolución conceptual del grupo. Un resultado cuantitativamente insatisfactorio que, de cierta forma, se contraponen con lo que fue mostrado en la evolución de la confección de los mapas conceptuales.

#### **5.3.4 Los Cuestionarios Descriptivos de Conceptuación y el de Problematización.**

El cuestionario de conceptuación de preparación para la visita a la exposición (**anexo 3**), constaba de ocho cuestiones con las preguntas distribuidas para ser respondidas por ítems, dentro de los siguientes criterios: la cuestión correcta en todos los ítems valiendo 1 punto; parcialmente correcta (O incompleta, no respondiendo a todos los ítems), valiendo

0,5 punto; cuando la cuestión toda incorrecta o no respondida por completo, no era dada ninguna puntuación. En la clasificación: un óptimo desempeño (Od) ocurre a partir de 6 puntos obtenidos; un buen desempeño (Bd) ocurre entre 4,5 y 5,5 puntos obtenidos; un regular desempeño (Rd) entre 2,5 y 4 puntos obtenidos; un pequeño desempeño (Pd) ocurre entre 1 y 2 puntos; y ningún desempeño o un desempeño insuficiente ocurre de cero a 0,5 punto obtenido.

Cuanto al cuestionario de problematización de los experimentos de la exposición (**anexo 5**), constaba de diez problemas con cada cuestión conteniendo algunos ítems de preguntas, buscando ser extensivo a prácticamente casi todos los experimentos del recorte. El criterio utilizado en la evaluación para puntuación de la respuesta a cada cuestión llevaba en cuenta: 1) si el alumno problematiza regularmente cuando responde correctamente a todos, o a la mayoría de los ítems valiendo un punto; 2) si el alumno problematiza parcialmente, cuando responde correctamente apenas una minoría de los ítems (a partir de un ítem correcto o con algún medio punto en los ítems de acierto), quedando la mayor o parte de los ítems siendo respondida incorrectamente o no siendo respondida, valiendo medio punto; 3) si el alumno no problematiza cuando no responde correctamente a ninguno de los ítems o deja toda la cuestión en abierto sin respuesta, una situación considerada no valiendo puntos. Asociamos a cada cuestión respondida, a la clasificación en una de estas tres categorías, y con el número de cuestiones respondidas con determinado perfil establecemos la puntuación final al cuestionario. De esta manera, utilizamos el siguiente criterio de evaluación:

- 1°) el alumno a partir de 6,0 puntos presenta un óptimo desempeño (Od);
- 2°) de 4,5 a 5,5 puntos un buen desempeño (Bd);
- 3°) entre 2,5 y 4,0 puntos un regular desempeño (Rd);
- 4°) entre 1 y 2 puntos un pequeño desempeño (Pd);
- 5°) abajo de 1,0 punto no presenta ningún desempeño (Nd) o un desempeño insuficiente.

Como puede ser visto entre todas las cuestiones colocadas existe una flexibilización en el desempeño para efecto de obtenerse un óptimo estándar en las respuestas a los cuestionarios. Dónde un óptimo desempeño en el dominio del asunto tratado en el cuestionario, relativo a los dos momentos de la programación en los cuales los cuestionarios fueron aplicados, corresponde a 70 % de las cuestiones respondidas. Existiendo aún flexibilidad para que todos los ítems de una cuestión no necesiten ser respondidos para una

puntuación integral en la cuestión. De esta manera, los criterios utilizados en la corrección de ambos cuestionarios, dentro de las especificidades de cada uno, fueron los mismos. En ambos cuestionarios, el criterio clasificatorio en función de la puntuación obtenida llevó también en cuenta, el perfil de desempeño del grupo en la respuesta (A partir de 6,0 puntos consideramos un óptimo desempeño, esto ocurrió porque estamos buscando atender este perfil).

Cuanto a los resultados obtenidos (mostrados en la **tabla-5**), de los 34 elementos del grupo, un total de 29 alumnos participaron del cuestionario descriptivo de conceptualización (**cuestionario-1**). Este cuestionario fue aplicado en la fase inicial después de la revisión y antes de la primera visita. El rendimiento mostrado por el grupo fue insatisfactorio, entre pequeño a ningún desempeño. Apenas dos alumnos (Los **alumnos 3 y 10**), que corresponde a 8 % del grupo), presentó un rendimiento satisfactorio bueno y regular en la conceptualización. Con el restante (92 %), presentando un resultado insatisfactorio mostrando no estar preparada para contestar sobre los cuestionamientos ahí contenidos. Por el resultado obtenido podemos expresar que la grande mayoría de los alumnos no estaban debidamente preparados para enfrentar a la exposición en la primera visita. Siendo así, cuidados necesitarían ser tomados frente a las estrategias utilizadas en la programación didáctica. Una vez que, existía la necesidad de minimizar los impactos y las dificultades que serían encontradas al iniciar un proceso de enseñanza-aprendizaje por la presentación de la exposición en la primera visita (faltaba una base de conocimientos necesarios: los subsunores no se mostraban adecuados). En el análisis descriptivo del acompañamiento del estudio, ese registro ya fue llevado en consideración.

Cuanto a los resultados del cuestionario descriptivo de problemas (el cuestionario-2 mostrado en la **Tabla-5**), lo mismo fue aplicado en un momento final del estudio, después de la tercera visita a los experimentos. Los resultados obtenidos en este cuestionario son desfavorables. Apenas tres elementos (los **alumnos: 01; 05 y 16**), presentaron un rendimiento regular (que corresponde a 12 % de los participantes). Con el restante del grupo (un total de 22 participantes), mostrando un resultado de pequeño desempeño y de ningún desempeño (que corresponde a 88 % de los participantes).

**Tabla-5 de los resultados de los Cuestionarios: 1° estudio.**

<b>Clasificación: puntuación/ desempeño</b>	<b>Cuestionario – 1 (conceptualización)  (29 alumnos participantes)</b>	<b>Frecuenci a  (%)</b>	<b>Cuestionario – 2 (problematización)  (25 alumnos participantes)</b>	<b>Frecuenci a  (%)</b>
Ningún desempeño (Abajo de 1,0 punto)	02;07;12;13;18;19;24; 25;32;33;34	11(37%)	04;08;09;11;13;18;19;20; 22;24;25;27;34	13(52%)
Pequeño desempeño de 1,0 a 2,0 puntos	01;05;06;08;14;15;16; 17;20;23;26;27;28;29; 30;31.	16(55%)	03; 10; 12; 14; 15; 28; 30; 31; 32.	9(36%)
Regular desempeño de 2,5 a 4,0 puntos	03	1(4%)	01;05;16	3(12%)
Buen desempeño de 4,5 a 5,5 puntos	10	1(4%)	ninguno	nula
Óptimo desempeño A partir de 6,0 puntos	ningún	nula	ninguno	nula

Tenemos que recordar inicialmente, delante de estos dos resultados que, la propuesta de aplicación de un cuestionario al inicio del estudio y de otro cuestionario (diferente del primero), al final del estudio, tuvieron diferentes propósitos y objetivos dentro de la investigación. No cabiendo así directamente, ninguna comparación que pueda medir un proceso evolutivo en la conceptualización o en la problematización de uno para el otro. Sin embargo, habiendo sido aplicados en diferentes momentos para atender a diferentes fines, ellos se entrelazan en el sentido del primero ser usado para desarrollar elementos de base (subsunoadores adecuados) para una preparación frente a la nueva información contenida en la respuesta al segundo. Podríamos así relacionar que el mal rendimiento (Prácticamente todo

el grupo) en el primer cuestionario que evaluaba una conceptualización previa necesaria, tendría una influencia directa para un mal desempeño en el segundo, que evaluaba la capacidad en la solución de los problemas relativos a los experimentos de la exposición. Trabajamos en el sentido de hacer con que la nueva información traiga significados (que no fueron mostrados delante del mal desempeño verificado en casi todo el grupo en el cuestionario de problematización). Lo que podría llevarnos a una interpretación de naturaleza psicológica, que significa expresar que, como los alumnos no conseguirán conceptualizar de forma esperada en relación a una base de conocimientos necesarios, también no conseguirían problematizar con relación a los experimentos que requieren esta base. Porque en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de una nueva información existen elementos de base que necesitan ser dominados, para que la nueva información encuentre anclaje en estos elementos.

Sin embargo, no podríamos haber llevado en cuenta esta suposición a priori, una vez que, existía después, la aplicación del **cuestionario-1**, una programación didáctica más adelante, que estaría preocupada con la conceptualización y problematización de los experimentos de la exposición. Existía también un buen intervalo de tiempo, entre los dos momentos de aplicación de los cuestionarios. De forma que, algunos reparos en la conceptualización previa podrían ser efectuados en el aula, en la sucesión para las demás visitas. Un presupuesto teórico muy importante del aprendizaje significativo es que, aprendemos a partir de lo que ya sabemos. Cuando se estudia Física es exigido una capacidad para desarrollar conceptos abstractos que necesitan ir estableciéndose en la estructura cognitiva sobre el área de estudio. Que precisa ocurrir por un proceso de asimilación significativa, para que pueda facilitar la adquisición de nuevos conceptos y proposiciones. Que van a permitir efectuar una categorización, en lo que se percibe delante de las experiencias vividas. Para conseguir efectuar asociaciones conceptuales contenidas en las preposiciones. Que junto con las habilidades cognitivas (en procedimientos y con el lenguaje), se pueda actuar en la solución de cuestiones y de problemas que están siendo trabajadas. Las dificultades inherentes a la ausencia de subsensores adecuados para atender al día a día de la programación en cooperación, era un hecho que preocupaba y por lo que fue posible hacer no se pudo resolver en busca de mejores resultados.

Sería necesaria una mayor atención en acompañar las dificultades de los alumnos en el aula. Una inversión en procedimientos de enseñanza, en que el profesor busque ir levantando las deficiencias para tentar resolverlas. Buscando colocar al alumno con

posibilidades de competición frente al proceso de asimilación de la nueva información (en razón de las estrategias didácticas de enseñanza-aprendizaje utilizadas). Había la necesidad de despertar a los alumnos, para ideas fundamentales que atendiesen a los cuestionamientos y a la solución de problemas generados en los fundamentos de la exposición. Mientras tanto, el resultado del cuestionario-2 (de problematización de la exposición), mostró que, el trabajo desarrollado en la acción integrada por parte de la escuela durante el tiempo disponible, no fue lo suficiente para promover la adecuación necesaria de las competencias y habilidades de los alumnos para lidiar con la programación establecida.

Con el tipo de trabajo que el profesor efectuaba (Ya relatado en la descripción cualitativa) y con el número de horas-clases semanales que existía disponible en la asignatura, delante de las dificultades encontradas, no fue posible desarrollar actitudes significativas que pudiese llevar a la mayoría de los alumnos del grupo, a desarrollar las potencialidades cognitivas necesarias. Cuando faltaron elementos en la estructura cognitiva, para atribuir significado científico, existió la necesidad de utilizarse *el principio del aprendizaje por el error*. Buscando superar el error desarrollar modelos mentales recursivos. En esta perspectiva el aprendiz necesitaría ser mirado y estimulado a ser actuante. Atendiendo al *principio del aprendiz como perceptor/representador*. Que lleva en cuenta que, toda la información que se recibe, estando atento para percibir, se consigue representar.

A pesar del trabajo diferenciado efectuado para este grupo haber dado condiciones de promover mejores resultados, el sistema educacional no se mostraba potencialmente significativo en su histórico. No podría así, contribuir con una formación más adecuada, dentro de lo que fue planeado en este estudio. Nuestra acción en la exposición requería cierto conocimiento y un potencial cognitivo previo, que hubiese sido desarrollado a lo largo de la vida escolar, de aquellos alumnos para lidiar con los desafíos colocados en aquel momento. Que sirviese de anclaje para una comprensión inicial, constituida en un punto de partida para una acción más efectiva en la escuela rumbo al aprendizaje. Cuando comenzamos a levantar la falta de un potencial cognitivo y de una base de conocimientos previos, necesaria para el alumno tener condiciones de desarrollar el trabajo programado, contábamos con la disposición de los alumnos y con más tiempo disponible por el profesor para la acción integrada. Como la escuela no ofrecía las condiciones adecuadas, para suplir las dificultades acumuladas a lo largo de la historia académica de cada uno de ellos. Delante

de aquella realidad, inclusive buscando en conjunto con el profesor, efectuar algunos remiendos, en nuestras reuniones de coordinación y en el curso de las actividades, no conseguimos despertar la predisposición y actitudes favorables, que lleven aquellos alumnos a mejores resultados.

A pesar de la iniciativa de la acción integrada de la exposición de la Usina Ciencia con la enseñanza escolar haber sido bien vista inicialmente, no conseguimos llegar a resultados más satisfactorios. Que llegue un conocimiento más elaborado de la colección de la exposición colocado junto a la programación escolar. Resultado este que está siendo mostrado, por lo que fue cobrado inicialmente, después de la fase de revisión y preparación para la primera visita, en el cuestionario descriptivo de conceptualización. Y por lo que fue cobrado posteriormente, al final, después de la tercera visita, en el cuestionario de problematización (una instancia evaluativa muy importante para saber si los objetivos de nuestro estudio fueron atendidos). En términos de nuestras iniciativas en la condición de especialista, buscábamos hacer lo que fuese posible, para obtener los mejores resultados delante de la realidad de la enseñanza escolar. Sin embargo, fuera de la exposición nuestro espacio de actuación era limitado, hasta en razón de que, en la cooperación las iniciativas de nuestra programación eran coordinadas junto al profesor, para luego ser llevadas para el aula por él mismo.

Los resultados no favorables obtenidos en los dos cuestionarios y en la aplicación del TANC, no invalida totalmente nuestros objetivos. A pesar de las dificultades ya mostradas por nuestro principal mecanismo evaluativo (La evaluación cualitativa: el estudio descriptivo y las entrevistas), los resultados traídos por los mapas conceptuales de una evolución gradual, que se mostró satisfactoria hasta llegar a la realización del tercer mapa. Podemos adelantar que, algunos efectos positivos ocurrieron en la implementación de la acción integrada. Alguna cosa de naturaleza general, en diferentes niveles, dependiendo de la capacidad y predisposición mostrada por cada uno, quedó retenida en aquellos alumnos, dentro de la perspectiva de trabajo efectuada. En el análisis descriptivo cualitativo de este estudio (nuestra principal referencia en el proceso de evaluación, auxiliado por las evaluaciones escritas ya presentadas), muestran algunos registros de efectos positivos para por lo menos un tercio de aquellos alumnos. No podemos perder de vista que todos los resultados de las evaluaciones escritas aquí colocados, fueron incorporados anteriormente como prueba documental, en la evaluación más específica y detallada ocurrida por la narrativa descriptiva efectuada en este estudio. Así los resultados de los registros escritos

vinieron para complementar, apuntando y justificando totalmente o parcialmente, los factores que contribuyeron para no obtener un mejor desempeño delante de los objetivos que visamos alcanzar con este estudio.

#### **5.4 Consideraciones Finales y Conclusiones del 1° Estudio.**

##### **5.4.1 Una Interpretación de los resultados Obtenidos a Partir de una Entrevista Final con el profesor.**

Para efectuar las conclusiones relativas a este primer estudio, creemos importante incluir en este espacio, la última actividad desarrollada en el acompañamiento cualitativo por estudio de caso. Es referente a una entrevista con el profesor del grupo, con el objetivo de efectuar un balance, de lo que se constituye este estudio en la acción integrada. Visó tratar de las dificultades encontradas delante del trabajo desarrollado en conjunto. Y también saber cual es la interpretación del profesor en relación al aprovechamiento de los alumnos en razón de esta cooperación.

Inicialmente en la entrevista con el profesor de la escuela, tratamos de cómo íbamos a contribuir con la evaluación formal efectuada individualmente con los alumnos del grupo. Qué según el profesor, pasaría a constar de la evaluación del segundo semestre. Período en que fue desarrollada la acción integrada, y ocurrieron diferentes formas de evaluación previstas en la investigación. Cuyos registros podrían tener importancia y ser llevados en cuenta en la evaluación regular de la asignatura. El profesor procuró explicar cómo nuestros registros estarían contenidos en los criterios de evaluación y en el cálculo del promedio para la aprobación que estaba efectuando. También dejó con nosotros la planilla de los resultados finales de su evaluación en la escuela, con las notas de los alumnos del grupo investigado. La idea del profesor era la de que pudiésemos comparar los resultados de su planilla con el desempeño obtenido por nuestro sistema de evaluación. Así delante de ambos resultados podría hacerse una conexión de nuestras observaciones y registros efectuados (testes, cuestionarios y mapas, utilizados en el acompañamiento). Efectuado el acuerdo de buscar una complementación en la asociación de los procesos evaluativos inició la entrevista. Preguntando inicialmente al profesor sobre como él percibía la práctica escolar en la enseñanza pública de la red estadual. Pretendíamos también, oír su opinión relativa a la existencia de una idea vinculada, de que, en el tercer año, todos son aprobados, sin importar sus desempeños en las asignaturas. Y concluyendo esta pregunta colocamos: ¿Cómo Usted ve ese procedimiento que se está estableciendo como una cultura en la

escuela? El profesor respondió: *puede ser el hecho de dejar a los alumnos despreocupados... sin embargo, el alumno tiene el examen de admisión para la universidad... ellos deben preocuparse con este examen de admisión. Durante toda la vida escolar se tuvo tantas paralizaciones y variaciones tan grandes en la cualidad de la enseñanza que esto provoca un descrédito muy grande en el alumno.*

Con base en la respuesta del profesor, a nuestro ver, existe claramente una cultura en la escuela, que según él, puede ser atribuida a la desestructura escolar (paralizaciones y variaciones muy grandes en la calidad de la enseñanza). Que puede ser así interpretado: la escuela quedó en deuda, en la formación académica del alumno en los años anteriores, no podía exigir en el último año que hubiese compromisos y formas de participación de los alumnos en las tareas y actividades de clase. La participación de los alumnos se volvió voluntaria y delante de su descrédito, podría muy bien faltarle el compromiso en frecuentar la escuela regularmente, estudiar y realizar trabajos, hacer pruebas para cumplir requisitos mínimos regimentales. Los alumnos por sí sólo podrían voluntariamente arbitrar su comportamiento sin ninguna penalidad académica que venga a perjudicarlo y no promoverle la aprobación al final del año académico, con la conclusión de la secundaria.

Es posible inferir en lo que se refiere al descrédito del alumno de que pueda aprender algo de valor real, por la enseñanza allí practicada. En el sentido que pueda ganar alguna cosa, en relación a su preparación (para el examen de admisión para acceso a la universidad o inclusive para la vida). Pregunto al profesor: ¿Cómo queda el descrédito del alumno, cuanto a su formación? ¿Cómo se siente, de esa falta de expectativa del alumno? De modo que, cuando se quiere hacer un trabajo diferenciado de calidad, eso no es aceptado por todo el grupo!

El profesor responde: *en la fase de vida y edad que los alumnos están enfrentando y el hecho de que ellos están saliendo de la escuela, son varios factores que hicieron que el alumno pierda el punto de equilibrio. La curiosidad que es fundamental en este proceso, ya fue dejada para atrás en la primaria. Cuando el alumno entra en la secundaria, ellos están queriendo encuadrarse, en la manera de pensar de sus compañeros más adelantados, que piensan que eso atrasa y mucho. El proceso educacional maltrata tanto a los alumnos, que ellos pierden la curiosidad cuando llegan a la secundaria, luego la pre-adolescencia y adolescencia son fases muy difíciles y eso sólo complica. Yo enseñé en la escuela pública y ya enseñé en la escuela particular. En la escuela particular no era muy diferente de que el alumno pierda la curiosidad.*

En este momento intervenimos con las siguientes cuestiones: ¿Un profesor innovador, no puede provocar en el alumno, interés y curiosidad? ¿Él (alumno) tiene que necesariamente traer interés y curiosidad, o puede desarrollar solito? ¿Si los alumnos traen sus expectativas, ellas no necesitan ser trabajadas?

El profesor responde: *Yo lo veo así, procuro conversar con ellos para ver sus aspiraciones, intereses y situaciones importantes que ellos tienen de la vida... Si yo quiero que el alumno evalúe, las experiencias que él trae son fundamentales. Cómo es por ejemplo, que voy a enseñar a ellos sobre el campo eléctrico, si no tienen en su vida, una experiencia concreta, de lo que significa, la acción a la distancia. Yo busco hacer eso, sin embargo es difícil... Eso es muy complicado por la cantidad de alumnos que nosotros tenemos (entre treinta y cuarenta alumnos por clase en los grupos que enseñamos).*

Intervenimos de nuevo comentando: en algunos momentos nos sentimos incómodos en interactuar con el grupo y Usted profesor también colocó para ellos sobre la importancia en nuestro trabajo conjunto. A pesar de que otros grupos en visita regular ya han narrado, en una evaluación que efectuamos en la fase de preparación para esta investigación, que existía una expectativa favorable a la visita a la Usina Ciencia y la participación en la misma siendo evaluada como algo interesante. En algunos momentos creímos que no estábamos dando respuestas adecuadas en el trabajo con los alumnos, por el hecho de que ellos no están acompañando. Entonces le preguntamos: ¿Qué es lo que falló en nuestras acciones? ¿En aquel proceso nosotros fallamos (referente al especialista de la exposición) y/o falló Usted profesor? ¿Qué es lo que faltó en nuestra acción para que ellos no den las debidas repuestas?

El profesor responde: *Yo creo que no se falló totalmente. Tentamos unir lo que veíamos en la escuela con la experimentación. Hacer esto sin mucho tiempo disponible, con el alumno experimentando, pero no viendo la relación entre las grandezas, es muy difícil. Es como si está mirando algo muy profundo desde la superficie. Cuando el alumno ve un experimento en la sala de energía funcionando, la parte conceptual fundamental, la fenomenología, él puede hasta percibir. Pero en la hora de la clase, nosotros estamos queriendo hacer con que él traduzca eso para una simbología. Esa traducción, de lo percibido para la simbología es muy difícil y lleva tiempo. Tenemos aún que considerar que aquellos alumnos no tenían solamente clase de Física, ellos tenían varias asignaturas para interesarse. Aparte de eso tienen las circunstancias de la edad: Será que él está motivado en aquel momento de nuestro trabajo en la sala o inclusive en la exposición o él está*

*pensando en la novia... Las interferencias son muy grandes. Sin embargo por lo que percibí tuvimos 50 a 60% del grupo que vio que la visita, conseguía traer algo de nuevo e interesante para ellos, en su experiencia de vida.*

En este momento crítico de la entrevista el profesor estuvo contribuyendo colocando más subsidios a la comprensión de las dificultades presentadas por los alumnos. Sin embargo, al mismo tiempo, atribuyó que la visita contribuyó trayendo significados para la experiencia de sus vidas de una buena parte de aquellos alumnos. Lo que nos llevó a colocar para el profesor la siguiente cuestión: ¿Usted profesor que estuvo con ellos más de cerca en el aula, consiguió percibir eso?

El profesor responde: *Lo que percibimos fue que, lo que era totalmente oscuro al inicio para ellos, con nuestra acción consiguen percibir y relacionar la energía como una substancia, como un fluido. En la secundaria de mi época, yo no tenía ese concepto.*

Interferimos en ese momento, sin querer polemizar la idea pasada de energía como substancia (posteriormente el profesor confirmó haber sido un infeliz equivoco su colocación), para complementar con la siguiente afirmación: nosotros trajimos la energía para ellos, hasta como producto de consumo para atender las cuestiones contextuales y eso se vuelve más fácil. Sin embargo como concepto científico por su naturaleza abstracta para la comprensión de los fenómenos, es ahí que se encuentra el problema. Las dificultades eran más en la complejidad de la conceptualización física y no en la energía como producto de consumo, dónde fue mostrado ser más fácil trabajar los conceptos técnicos existentes en el contexto. Dónde observamos que no era preciso trabajar tanto en esta contextualización, hasta por la cantidad de información que ya recibían por la divulgación diaria de los medios de comunicación (argumento con lo cual el profesor concordó). Continuando el diálogo con el profesor: Usted profesor que trabajaba en la enseñanza propedéutica, al mismo tiempo aceptó trabajar dentro de nuestra propuesta, que salía de esta enseñanza tradicional. Veo ahora que aceptó nuestra propuesta, llevando en cuenta que, en algunos aspectos, la acción de lo que era tratado en la exposición de la Usina Ciencia podría constar del examen de admisión de la universidad. En función de esta argumentación, colocó para el profesor la siguiente pregunta: ¿Cómo Usted ve, por las dificultades que los alumnos mostraron en el aula, la perspectiva de trabajar con una programación escolar diferente en una preparación más para la vida?

El profesor responde: *la preocupación de los alumnos de la secundaria es con la preparación para el examen de admisión y ahí, mi preocupación también era eso. En la exposición de la usina en que estuvimos participando. Yo vi una oportunidad de que ellos concreticen más, aquello que ellos veían en el aula. Pero una traducción exposición-clase requiere tiempo y mucho trabajo. Uno de los puntos que nosotros erramos (Se refería a él, profesor y a la persona del especialista) fue no haber trabajado en coger cada uno de los experimentos y procurado relacionar a los problemas de la sala. Haciendo eso tendríamos rodeado cada uno de los alumnos con nuestra propuesta...* (Vale aquí una observación nuestra que, no fue colocado por el profesor en esta última afirmativa que, habíamos combinado que nuestra programación en la escuela sería la continuidad de nuestra estrategia didáctica que se preocupaba en rodear “cercar” al alumno para su perfeccionamiento conceptual a partir de cuestiones y problemas que podrían ser creados a partir de los experimentos).

Buscamos entonces intervenir con la siguiente colocación cuestionadora de la afirmación anterior del profesor, preguntando: ¿No era nuestra propuesta hacer eso (En referencia al especialista)? ¿Usted no debería haber trabajado, en esa perspectiva en el aula?

El profesor entonces responde: *pero eso lleva tiempo, no da para ser hecho con el tiempo que tuvimos de clase en la escuela. Como es que vamos a coger cada uno de aquellos experimentos para hacer medida, trazar gráficos y hacer el análisis del fenómeno con el tiempo de clase que tenemos;* (vale aquí un Comentario, que no eran con esos los propósitos y objetivos de nuestra programación; en ningún momento pensamos en utilizar los experimentos para trabajar en la perspectiva del laboratorio tradicional de enseñanza). *Usted mismo decía (Refiriéndose al especialista) Usted pasa como tarea para los alumnos, como actividad para casa (se refería a lo que se le solicitaba, cuando daba material escrito para los alumnos). Nuestros alumnos como Usted mismo miró, ellos no leen (refiriéndose al especialista). El material que les di y el propio libro de texto no eran leídos. Eso viene de la historia escolar de ellos...*

Luego, comentamos con el profesor: busque colocar textos concisos, que no tenían tantas páginas, en los libros que agarré y de los que escribí sobre el efecto fotovoltaico. Sobre la pila, fui a buscar una parte del contenido en el libro didáctico de Química, por tratar de más especificidades sobre el asunto y también eran pocas páginas. En su todo, el texto estaba conciso para el tiempo que tuvieron para dedicarse a la lectura. En razón de

esta argumentación pregunté al profesor: ¿Cómo es que ellos no consiguen leer? ¿Usted cree que ellos leyeron alguna cosa o aquel material no sirvió para nada?

El profesor responde: *creo que la lectura realizada por ellos fue mucho menos que lo necesario. Aún así, algunos de ellos lo leyeron...*

Intervenimos entonces de nuevo preguntando: ¿Usted cree que todos los alumnos del grupo, tenían dificultades con el lenguaje y con la lectura para la interpretación científica en este campo de estudio?

El profesor responde: *el grande problema que vi, fue cuanto a la cuestión del compromiso. Ellos llegaron a un punto después del primer momento de nuestra acción (el profesor debería estar refiriéndose al momento después de la primera visita) que perdieron el interés (En nuestra observación también sentimos, que la actitud favorable mostrada inicialmente, dejó de existir para una parcela del grupo que mostraba dificultades en acompañar, lo que estaba siendo expuesto y no veía la necesidad de efectuar más visitas al mismo sector). Continuando la narrativa del profesor: ahí, las fuerzas externas de los intereses de ellos fácilmente los dislocaban para otras actividades. Como fue visto cuando pedíamos que trajesen los textos para la escuela y la mayoría no cumplía y eso era una demostración de la falta de compromiso.*

De ahí, interferimos preguntando: ¿Usted profesor generaliza esta actitud o tuvieron excepciones? El profesor responde: *allí la mayoría no aprovechó... y tuvo una minoría que sí. Vamos a colocar eso en términos de porcentaje: entre los 25 a 30 alumnos interesados que frecuentaban regularmente la escuela, podemos retirar unos 20 % (entre 5 a 6 alumnos), que conseguirán demostrar un entendimiento razonable de aquel material. Delante de las dificultades, traídas de la historia escolar de ellos, el resultado obtenido es significativo. Esos alumnos fueron...* (Fueron citados por el profesor en aquel momento los **alumnos: 1; 5; 16; 15 y 30**).

Después, esta etapa de balance en el trabajo realizado aún hicimos las siguientes consideraciones finales en que requeríamos la interpretación del profesor. Abordamos que: a pesar de la huelga de la escuela (ocurrida del final de enero al final de marzo de 2007), que paralizó nuestras acciones en la etapa final, el desempeño de los alumnos en el último mapa conceptual no disminuyó (Realizado una semana después de la huelga). En seguida preguntamos: ¿Cómo vio Usted este resultado favorable de muchos alumnos, en relación a

la confección del **mapa-3**? El profesor opina con el argumento de que: *a veces la persona para de pensar y cuando vuelve se concentra más en las tareas...* (No buscando entrar en más detalles). Vale aquí resaltar que, existieron dos clases antes de la revisión con el profesor. Que quedó incumbido de efectuar una articulación entre los conceptos desarrollados en la **clase de situaciones 1** (A la que dábamos un mayor énfasis en este estudio); y si hubiese tiempo efectuaría el mismo procedimiento en la **clase de situaciones 2**. Estaba también previsto un Comentario final integrando todo el campo de estudio establecido para la acción integrada. Mostrando para eso las diferencias y similitudes existentes entre estas dos clases de situaciones electas (Esta articulación conceptual final estaba prevista en los Comentarios finales de nuestra programación, para antes que fuesen efectuadas las últimas evaluaciones escritas: el **TANC-2** y el **mapa-3**). En nuestra interpretación, si esta revisión influyó en un mejor desempeño en el mapa conceptual satisfactorio en la estructuración conceptual para la mayoría de los alumnos, la misma no influyó en un desempeño a nivel satisfactorio en la respuesta al **TANC-2**, una vez que, para la mayoría de los alumnos, el desempeño fue insatisfactorio. Como son dos formas diferentes de evaluación que se complementan en finalidades y que guardan muchos trazos de similitudes de lo que de diferenciación en sus propósitos evaluativos relativos a la conceptualización, preveíamos que debe existir una relación directa del desempeño de uno, con relación al otro. La relación inversa que ocurrió en el desempeño nos causó extrañeza. No conseguimos pedir la ayuda al profesor y levantar los motivos que tendrían causado esa diferencia de comportamiento.

En la oportunidad comentamos también que un comportamiento similar ocurrió entre este mismo mapa y el cuestionario de problematización de los experimentos (Donde esperábamos que los alumnos puedan salir mejor). El profesor también no quiso argumentar, parecía no tener una justificativa (este cuestionario había sido aplicado antes de la huelga, después de la tercera visita). Como era un cuestionario que evaluaba, al final del estudio, la capacidad del alumno en contestar cuestiones y problemas extraídos de los experimentos, la comparación con el resultado del **mapa-3** era muy pertinente. Existía una disparidad en el resultado mostrado por muchos alumnos que el profesor no supo justificar.

Por ser dos diferentes mecanismos de evaluación de la conceptualización relativa a los experimentos de la exposición, podríamos pensar en asociar que, un buen desempeño en la estructuración conceptual por los mapas, estaría relacionado necesariamente a un buen desempeño en la aplicación de esta conceptualización para la solución de los problemas. Como

esta relación no ocurrió, para una buena parcela del grupo y como no existe una justificativa del profesor ni nuestra, para el hecho, tenemos que esperar el segundo estudio para observar mejor este relacionamiento, a partir de lo que va ocurrir en este sentido, en la próxima investigación. Por su vez, la conexión de los resultados obtenidos en el **cuestionario 2** con lo del **TANC-2** muestra tener desempeños próximos y puede ser efectuada una asociación directa con los resultados obtenidos por las entrevistas y con el propio análisis cualitativo del acompañamiento del caso. Ya que, a la mayoría del grupo de entrevistados y acompañados en las visitas y en observaciones en el aula, se mostraron incapaces de promover informaciones relevantes relativas al dominio conceptual, al nivel mínimo considerado como satisfactorio.

Para concluir el balance interpretativo vamos a volver a narrar la entrevista con el profesor, en la que preguntamos: ¿Por lo que los alumnos mostraron en la capacidad de acompañar y desarrollar las tareas, Cree Usted que ellos están siendo aprobados sin estar debidamente preparados?

El profesor responde: *si fuese sincero y correcto, la reprobación sería muy grande...!* Luego dice: *En relación a la prueba del examen de admisión para la universidad, apenas dos alumnos fueron aprobados de todo el grupo...* (se refería al resultado final de este examen).

Replicamos, argumentando que el examen de admisión, no es un buen parámetro de referencia, una vez que existía mucha concurrencia en razón de las limitaciones de plazas, y le preguntamos de nuevo: ¿Usted no cree que estamos aprobando a nuestros alumnos sin preparación?

El profesor responde: *creo que es una cuestión de hacer con que ellos aceleren... si en el primer año y también en el segundo se les hace acelerar y si ellos tuviesen en la enseñanza fundamental una base en matemática y en portugués para la lectura y comprensión de texto, los alumnos no habrían llegado aquí, al tercero año, desproveído de tanta cosa importante... que en su vida escolar, el sistema lo colocó en la basura.*

Estos fueron los puntos finales de interés que nos pareció importante transcribir en detalles, del diálogo que tuvimos con el profesor, en esta última entrevista de este estudio, en la acción integrada con la escuela. Esperamos que esta entrevista con las preguntas e interpretaciones que efectuamos, pueda haber situado mejor el contexto en que ocurrió este

estudio; y haya traído más subsidios para nuestras conclusiones finales, colocadas a continuación.

#### **5.4.2 Conclusiones del Primer Estudio.**

Acabamos de narrar una cantidad significativa de registros ocurridos en las diferentes etapas de este estudio que fueron asociados a los resultados de las evaluaciones escritas, en las colocaciones, en los comportamientos, del profesor y de los alumnos acompañados en el curso de este estudio. En registros que culminó con la interpretación de los resultados que fue auxiliada por el testimonio del profesor. Los subsidios buscados en esta entrevista con el profesor ocurrieron en razón de las dificultades que encontramos en la condición de especialista de la exposición de experimentos que participó directamente en algunos momentos y en la condición de investigador como observador que acompañó en la mayoría de las veces de fuera las acciones en la escuela, relativas a la programación conjunta. En este diálogo final relativo a las acciones y comportamientos, el investigador con sus propósitos de conducir la entrevista con determinadas preguntas, puede conseguir del profesor algunos comentario de interpretaciones que refuerza lo que venían siendo comprobados en el análisis cualitativo y complementa con lo que ocurrió en este campo de estudio. Fue con este sentido que colocamos el diálogo que tuvimos con el profesor para ser usado en la interpretación de los resultados y ser utilizado en las conclusiones que estamos efectuando de este estudio.

Podemos afirmar que en el contexto en que ocurrió esta investigación, los resultados mostrados y los datos recogidos, en casi su totalidad fueron justificados. Podemos decir que la desestructura de la enseñanza escolar muestra los perjuicios causados en el curso de la historia de la formación académica de los alumnos acompañados. Lo que debe tener reflejos en la formación de toda una generación de alumnos pertenecientes a nuestra red estadual de enseñanza local. A nuestro ver, el origen de la falta de perspectiva y de compromiso de la mayoría de los alumnos acompañados se encuentra en el descrédito que la sociedad construyó de las experiencias negativas que a lo largo del tiempo se viene viviendo en esta enseñanza.

De esta forma, observamos que, la mayoría de los alumnos acompañados, acumularon una cultura que venía contra, *a priori*, cualquier actividad, que venga en favor de su promoción formativa. Con algunas excepciones bien conocidas del profesor y observadas por el especialista, algunos alumnos aún con dificultades en su formación,

buscaban caminar sin influenciarse por aquella cultura. Se agarraban a todo que veían de provechoso, participando y contribuyendo efectivamente con todo que vea a su favor. En verdad podemos decir que buscaban “correr por fuera” para librarse de aquella cultura nefasta que no propiciaba y aún les desmotivaba de la necesidad de buscar conocimientos. El propósito de nuestra acción conjunta transcendía bastante a la imposición del profesor en mantenerse en la enseñanza propedéutico, buscando utilizar la acción integrada para beneficiar a sus alumnos en sus acciones de preparación propedéutica.

En nuestra interpretación, podemos considerar que las situaciones de enseñanza colocadas fueron subutilizadas dentro de los propósitos del profesor. En la correlación de fuerzas: el especialista queriendo traer al profesor para la perspectiva de formar para la alfabetización científica y el profesor utilizándose de nuestras acciones en la exposición para reforzar su perspectiva propedéutica, a nuestro ver, ambos saldrían perdiendo. Una vez que, los alumnos se encontraban introducidos en una cultura de enseñanza que no podría promover el perfil trazado de la programación idealizada por las dos diferentes perspectivas. En aquello que cada uno deseaba obtener a partir de la exposición de experimentos.

En el transcurso de nuestra observación, delante de las dificultades de los alumnos, tentamos traer al profesor para nuestra perspectiva de trabajo, una vez que, necesitábamos del espacio escolar para alcanzar nuestros objetivos de la acción integrada. Podemos decir que hicimos nuestra parte. Sin embargo, no conseguimos encontrar el espacio debido para trabajar nuestra programación debidamente en la escuela.

Nos hubiera gustado haber gastado nuestros esfuerzos en otra realidad que nos traiga mejores resultados. Una vez que, creemos que la acción conjunta con la escuela puede propiciar eso. Sin embargo, a pesar de todas las dificultades enfrentadas creemos que algo quedó de diferente para aquellos alumnos. A pesar de las dificultades que encontramos en el propio testimonio evaluativo del profesor, que acompañó más de cerca sus alumnos en la escuela y en nuestras acciones evaluativas, de cierta forma, eso quedó caracterizado. El hecho de no hemos atendido satisfactoriamente, nuestros objetivos e hipótesis iniciales, en nuestras intenciones de llevar lo que practicamos en el Centros de Ciencias para ser aprendido en la escuela, no inviabilizó totalmente nuestra propuesta, ni viene a constituirse en una desaprobación a este programa de cooperación.

El hecho da mayoría de los alumnos no esteren preparados para alcanzar nuestros objetivos más amplios e por completo con relación a la programación utilizada, tuvo que

requerir simplificaciones evitando situaciones de enseñanza más complejas allí colocadas. De esta forma, ajustes relativos a la programación didáctica en nivel de profundización de los contenidos (en hechos, conceptos, actitudes y procedimientos) fueron en la práctica efectuados. Principalmente porque nos estamos habilitando a una perspectiva formadora para la alfabetización científica. A partir del momento que faltó la contrapartida adecuada de la escuela para atender a las informaciones pasadas en la exposición, y no habiendo posibilidad de tiempo para una inversión mayor en el aula, delante de las dificultades mostradas, una salida fue la simplificación de la programación para quedar restringida a aspectos más generales y de mayor simplicidad asimilativa que constan en las transformaciones de energía.

Fuimos observando en esta investigación, que una simplificación y flexibilización de la programación establecida, necesitaría existir en razón de atender la capacidad de dominio de los alumnos delante del tema trabajado. No dejando de lado, los aspectos más generales e inclusivos de este contenido. Sabemos que estamos delante de un área de estudio que envuelve una complejidad diferenciada para los alumnos en la descripción conceptual de la realidad física. Cuando elaboramos la programación de enseñanza tuvimos que conocer la realidad educacional dónde ocurría el estudio, para que pudiésemos ir superando las dificultades. Al establecer las estrategias de enseñanza de nuestra programación, tuvimos el propósito de ir buscando adecuarlas a las dificultades de los alumnos. A pesar de haber flexibilizado los criterios clasificatorios evaluativos con la reducción de los parámetros de análisis y del grado de exigencias para poder mostrar un mejor desempeño evaluativo del alumno, el perfil de la mayoría del grupo no llegó a un resultado insatisfactorio, delante de lo que necesitaría quedar retenido de la programación.

Podemos así afirmar inicialmente que, por los resultados obtenidos, en el sentido amplio de la propuesta de nuestra programación, no existió la alfabetización científica propuesta por la programación para la mayoría de aquellos estudiantes. Sin embargo en un sentido más restricto envolviendo algunos aspectos de naturaleza general más simples de ser asimilados con significados, cuestiones de naturaleza técnico-científica y socio-económico-ambiental, observamos que fue posible quedar retenida alguna cosa de útil en la formación del grupo acompañado.

Cuanto a nuestro material bibliográfico relativo al tema y el libro que escribimos para subsidiar la formación de los alumnos, prácticamente, no fue llevado en cuenta o dada importancia dentro de la programación escolar por la mayoría de los alumnos que también

normalmente no recurrían a la lectura del libro de texto adoptado por la escuela. Las dificultades de dedicación a la lectura, presenciada en grande parte de los alumnos de este grupo de tercer año, dificultó y mucho la propuesta. Que, por su vez, para traer mejores resultados dependía de una mayor carga horaria en las clases semanales que el profesor y la escuela no tenían disponible. Las dificultades mostradas en el dominio de los lenguajes asociado a la falta de una base en conceptos y proposiciones relevantes para enfrentar la exposición, comprometió la comprensión de la nueva información. Que, requería conceptos subsunores que aún no existían para dar solución a las cuestiones y problemas colocados. El hecho de haber organizado una fase de preparación previa en la escuela para que el alumno vaya a la visita, no podría surtir el efecto deseado, delante de las dificultades mostradas por la mayoría de los alumnos. Con eso, los momentos oportunos de iniciativas para el aprendizaje colocados por la exposición a través de las estrategias didácticas no podrían surtir el efecto deseado.

En la ausencia de una estructura cognitiva adecuada para enfrentar la nueva información atribuyendo significados, restaba requerir del alumno que utilice su memoria de trabajo de corto plazo en el momento de la visita. De forma que, en razón de nuestra mediación, pudiese dar inicio a la incorporación de alguna cosa. Los modelos mentales accionados recursivamente en el momento de la visita para elucidar un hecho, sólo consiguió mostrar funcionalidad en situaciones más simples. Dónde había complejidad de asimilación conceptual, en el curso de las presentaciones de las estrategias de exposición, los alumnos no conseguían ir formulando y reformulando sus modelos, hasta llegar a una interpretación consistente. Evitaban en esos momentos a participar de lo que era colocado en práctica. La mayoría de los alumnos, no consiguió mostrar que tuviese madurez para el dominio de ideas más complejas. Por esa razón, delante de las dificultades, la enseñanza-aprendizaje iba requiriendo cada vez más un trabajo más minucioso en el desarrollo de una base de elementos que puedan llevar a la elaboración de modelos más adecuados en la construcción de conceptos y proposiciones científicas.

Mientras tanto, el poco tiempo disponible no favorecía una interacción más efectiva de los alumnos con el especialista durante la exposición. Una participación más efectiva en la negociación por modelos más adecuados a las situaciones más complejas era algo que exigía más tiempo para reflexiones, que mejor se adecuaba al andamio de la asignatura en la escuela. Delante de las dificultades de lidiar con la exposición, el aprendizaje momentáneo de la exposición, sólo podría ocurrir en razón de hechos más simples y

mostrados en la práctica. Lo que fue posible quedar retenido de naturaleza más abstracta, ocurrió con pocos alumnos. En algunos momentos de la visita algunos alumnos mostraron haber despertado para un aprendizaje súbito de descubierta (hecho que ocurrió en situaciones aisladas muy específicas). Lo que puede estar indicando que la posibilidad de *insight* es diferenciada por el potencial cognitivo y predisposición mostrada por cada uno. Es poco probable que aquellos alumnos, en sus limitaciones, consiguiesen desarrollar modelos mentales o aún despertar para un *insight*, en situaciones de mayor complejidad. El rico y fructífero momento de la exposición no fue aprovechado en su plenitud.

Ya nos referimos anteriormente que, frente a la exposición acostumbramos flexibilizar nuestra estrategia de enseñanza sin mover en la programación de los experimentos a ser abordados. En principio eso ya era efectuado antes, en nuestra visitación regular a la exposición, para atender a diferentes niveles de edad y para atender a diferentes realidades y nivel de enseñanza. En nuestra actuación en las visitas regulares del día a día, buscamos en la perspectiva de la exposición adaptarnos a cualquier realidad buscando alcanzar las expectativas y posibilidades de cada uno, con suceso y fracaso dentro de nuestras pretensiones. En razón de esto, nuestra actuación en la exposición en algunas acciones de enseñanza conseguía integrarse, a lo que el profesor hacía en la escuela. Sin embargo, esa asociación también dependía de la formación y predisposición del alumno.

A nuestro ver, podríamos haber avanzado más delante de las dificultades, si hubiese habido una mayor inversión de tiempo en la asignatura y el profesor haberse volcado más para las acciones conjuntas. Por lo menos, para los alumnos que demostraban actitudes favorables en la utilización de procedimientos y busca de conocimientos. En este contexto de dificultades. Nos preguntamos: ¿Qué conseguimos hacer para la promoción de estos alumnos? ¿Estos alumnos tuvieron algún progreso? ¿Cómo justificarlos?

Ya situamos que nuestra exposición procura ofrecer posibilidades de comprensión para atender a diferentes niveles de enseñanza. En razón de eso, necesitamos cambiar el nivel de profundización del contenido en cada caso. No nos concibe aceptar por principio, como el hecho en sí, que un individuo en cualquier nivel de formación o de dificultad, se ponga delante de un experimento técnico-científico, que se esta demostrando su funcionamiento y utilidad en la cultura que se está introduciendo, que el hecho pueda ser caracterizado como algo de desinterés y que gire actitudes de descrédito y de extrañeza. Para el sujeto que desde temprano ya se acostumbró a convivir y disfrutar de esa tecnología y que inicialmente en sus primeras apreciaciones, desconozca su principio de

funcionamiento, debería, surgiendo una oportunidad, despertar una curiosidad mínima para conocer nociones de su mecanismo técnico-científico.

Por esta razón creemos que toda persona que se interese en aprender alguna cosa, ella consigue ni que sólo tenga la condición de retener nociones científicas elementares o de naturaleza estrictamente tecnológica y de funcionamiento. Interpretando los resultados por esta vía, creemos que la acción integrada surtió algún efecto. Hasta en razón de lo que apenas fue abordado durante las tres visitas. Aún reconociendo que debemos asociar el trabajo y desarrollar en el aula. A pesar del criterio de evaluación utilizado en este estudio haber indicado que el aprovechamiento no fue satisfactorio, delante de todas las adversidades vividas, podemos afirmar que alguna cosa de útil para la experiencia de vida de aquellos alumnos quedó retenida, Esa es una apreciación que se asemeja al comentario del profesor durante la entrevista. De forma que, en algunos aspectos, nuestra propuesta de alfabetizar para una comprensión técnico-científica, de mostrar cómo las cosas funcionan, con sus beneficios y sus maleficios para la vida y para el medio ambiente, dejó significados en niveles diferenciados dentro del abordaje científico efectuado.

Creemos que, independiente de la cualidad del trabajo y del tiempo invertido por la escuela en la acción integrada, el simple hecho de la visita puede cambiar la visión que los alumnos tienen de Física como asignatura, el concepto en sí, que se tiene de la misma. Lo que puede ser muy importante, para cambiar las acciones del alumno en la asignatura de la escuela. Sería importante para la formación del alumno, que el trabajo desarrollado en la escuela, pudiese haber ido más adelante. Que hubiese sido desarrollado más efectivamente, buscando asociarse con lo que era visto en la exposición. Que no se caracteriza durante la acción integrada “dos maneras de abordar la Física” muy diferentes.

La utilización de una teoría adecuada de aprendizaje, que envuelve variables psicológicas, era una condición necesaria, pero no suficiente, para el perfeccionamiento de una metodología de enseñanza que pretendíamos aplicar. Mientras tanto, delante de las dificultades aparte de la experiencia adquirida, principios básicos de la enseñanza podrían ser relacionados a experiencias vividas. De forma que, inclusive conociendo algunos principios que podrían auxiliar en el aprendizaje, no conseguimos utilizarlos en la actividad de la enseñanza escolar. Aunque la perspectiva ausubeliana afirme que, el conocimiento previo se vuelve un referente importante en la busca de procedimientos de enseñanza (Ausubel *et al*, 1978, p. 14). Los factores externos que administran el proceso académico

escolar no permitirán una interacción en la visita-asignatura más adecuada, para que lleguemos a mejores resultados.

Faltaba en la acción escolar, mirar al alumno como un ser actuante que necesitaba atender al *principio del aprendiz como “perceptor/representador”*. Un alumno que en el curso de su historia académica no desarrolló potencialidades cognitivas para que delante de la ausencia de concepciones previas adecuadas, en cierto momento, tuviese la capacidad de desarrollar modelos mentales que llevase a la funcionalidad de la descripción de un hecho. En este sentido también faltaba en el aula una mayor interacción y participación que pudiese atender al *principio de la interacción social y del cuestionamiento*. Que se encontraba implícito en nuestra propuesta educacional cuando reclamábamos en la visita y en el aula una mayor interactividad. Una vez que, los alumnos del grupo inclusive siendo estimulados hacían pocas preguntas y muchas veces, se omitían en dar respuestas (bajo mediación del especialista en la visita y en la escuela con el profesor). En la enseñanza receptiva que fue practicado en la escuela la interacción social observada para compartir significados fue muy poco. Los alumnos mostraban que no estaban acostumbrados y a veces, hasta se aburrían con la cobranza. El profesor que ya se encontraba introducido en esta cultura, con el poco tiempo que dispensaba, pasaba a otros puntos dando continuidad a su programación.

Buscamos desarrollar a través de las estrategias de enseñanza una programación que sea potencialmente significativa y abordada en lenguaje adecuado. Que por su estructuración en la modalidad CTS de enseñanza, requería el *principio de la no centralidad del libro de texto*, una vez que, otros escritos necesitaban ser colocados para complementar y expandir la visión de la ciencia. Sin embargo, como la mayoría de los alumnos mostraba no utilizar el libro de texto adoptado por la escuela, el profesor no conseguía incrementar otros textos para la lectura. En TASC, el aprendizaje es facilitado cuando se trabaja en comunión con el *principio del conocimiento como lenguaje*. En consecuencia de esto, en el acompañamiento evaluativo se comprobó las dificultades traídas por la falta del lenguaje. El papel del lenguaje es bien mayor de lo que desempeña una función simplemente comunicativa. Una vez que, aumenta la capacidad de manipulación de conceptos y proposiciones expresas en palabras (una iniciativa que, a la mayoría de aquellos alumnos, no estaba acostumbrada a practicar).

La sociedad cada vez más camina, siendo conducido por el desarrollo científico tecnológico que impone rápidas mudanzas en conceptos y valores que requieren cambio en

el enfoque de la enseñanza escolar. Una programación con las características que buscamos implantar en la acción integrada. Aunque conocemos algunos aspectos de lo que era practicado en la realidad de la enseñanza escolar, para recomendar al profesor algunos procedimientos, que lleven a atender favorablemente la propuesta, los factores que interferían negativamente no pudieron ser controlados a punto de traer los resultados deseados.

Delante de la falta de congruencia entre la visita a la exposición y el aula, la programación elaborada no consiguió despertar su contenido en: hechos y conceptos, procedimientos y actitudes, para que sea considerada para la mayoría de aquellos alumnos, como una programación potencialmente significativa en la perspectiva CTS. De esta forma, el sistema académico escolar (profesor, alumnos, administración-coordinación, proyecto académico), no se mostró potencialmente significativo para incorporar debidamente las contribuciones traídas por la propuesta de enseñanza de la Usina Ciencia.

Para concluir el primer estudio, queremos expresar un pensamiento que sintetiza toda la dificultad que pasamos en lo que nos propusimos hacer, se refiere a lo que programamos: en el acto de quien educa se encuentra propuesto siempre dónde las personas necesitan llegar, mientras que, es en el acto de quien aprende, que se encuentra la realidad del alcance dónde las personas quieren, pueden y consiguen llegar. En el acto de educar cualquier que sea la metodología utilizada si hay buenas intenciones alguna cosa siempre va a quedar retenida. Por su vez, el resultado no puede ser traído, ni por el planeamiento educativo, ni por el material potencialmente significativo utilizado. El resultado debe salir de una composición entre factores que se encuentran en el contexto social con factores conectados a los intereses y capacidades individuales de cada uno. Así llevando en cuenta las diferencias y las adversidades, se debe buscar siempre promover el mejor resultado posible delante de la realidad dónde se desarrolla la acción. Una acción para ser educativa necesita ser siempre constructiva, aún cuando no se llega a un nivel deseado. Alguna contribución necesita ser traída y ser despertada, en razón del desarrollo intelectual del individuo que aprende.

En el próximo capítulo presentaremos los resultados obtenidos en el segundo estudio. Con la experiencia adquirida frente a los resultados obtenidos en el primer estudio, las dificultades encontradas, serán llevadas en cuenta en el estudio subsecuente. Dónde pasaremos a actuar dentro de otra realidad de enseñanza, en una escuela de la red particular y trabajando con un nivel de escolaridad inferior en lo que aquí fue acompañado. La

metodología, la programación didáctica y evaluación trabajada en el capítulo siguiente será la misma. Respetando, sin embargo, los diferentes niveles de enseñanza, de un estudio para el otro, fueron efectuados algunos ajustes. Una vez que, queremos acompañar al segundo grupo con la misma preocupación de averiguar la eficacia de nuestra exposición junto a la programación escolar. Utilizando otra situación de enseñanza, y teniendo la intención de comparar el desempeño entre los dos estudios a partir del análisis de los resultados obtenidos.

# **CAPÍTULO 6**

## **RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SEGUNDO ESTUDIO**

## CAPÍTULO 6

### RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SEGUNDO ESTUDIO.

#### 6.1 Consideraciones iniciales.

Los procedimientos utilizados en este estudio para analizar las respuestas obtenidas en los documentos escritos de la evaluación siguieron los mismos criterios de la primera investigación. Una vez que, en la evaluación que efectuamos de naturaleza cualitativa tuvimos que trabajar con algunos escores cuantitativos para que en función de los mismos, colocar el desempeño de los alumnos distribuidos en cinco categorías de desempeño (óptimo, bueno regular, insuficiente y ninguno), por la clasificación que utilizamos. Las categorías o clases de desempeño aplicado en cada tipo de evaluación efectuada en el sistema de evaluación fueron las mismas del estudio anterior. Para efectuar esta categorización en cada forma de evaluación utilizada existió un estándar establecido por el especialista de lo que sería un óptimo desempeño en el contenido de cada instrumento utilizado. A partir de este estándar máximo de las clases de desempeño, entre las demás categorías, fue aceptado el desempeño regular como el estándar mínimo aceptable. De este nivel para lo máximo de la categorización pasamos a denominar de desempeño o rendimiento satisfactorio. Lo que en nuestra interpretación aceptamos que vino a atender favorablemente el trabajo desarrollado sobre el tema dentro de la programación de la enseñanza.

Existió también la necesidad en el estudio actual de efectuarse una triangulación en el sentido de promover una comparación de los resultados obtenidos entre las diferentes formas de evaluación. Para establecer relaciones entre los desempeños individuales de los alumnos que al final pueda mostrar en términos de porcentaje las diferencias en el grupo entre el rendimiento satisfactorio y el no satisfactorio.

En el acompañamiento cualitativo, las observaciones y registros fueron efectuados en el curso de todas las etapas en momentos oportunos de la investigación. Siguiendo el mismo procedimiento del estudio anterior, efectuamos las entrevistas, un poco antes y después de la tercera visita (momentos en que, a nuestro ver, existirían más subsidios para obtener informaciones relevantes sobre lo que quedo retenido de la programación). Cuanto a las evaluaciones escritas, como promotoras de datos, tuvieron el sentido de complementar el acompañamiento cualitativo descriptivo. Fueron así utilizadas en una triangulación con el

análisis cualitativo de los resultados. Existe así una preocupación en establecer una interdependencia entre los datos recogidos, que pueda facilitar el análisis cualitativo del desempeño individual, para llegar al desempeño ideal del grupo.

Las **evaluaciones escritas** fueron aplicadas en la siguiente secuencia (que obedecerán a un orden un poco diferenciado de la secuencia del 1º estudio).

**El mapa conceptual-1**, sobre energía, confeccionado antes de la primera visita individualmente por los alumnos del grupo, pero en este segundo estudio, este procedimiento ocurrió después de la fase que denominamos de preparación antes de la primera visita. Una vez que, en este nivel de escolaridad los alumnos irían a estudiar nociones de Física, como asignatura aislada, por la primera vez. Consideramos que esto debería ser el primer momento de someterlos a una evaluación escrita relativa a la conceptualización sobre energía.

El **cuestionario-1 (anexo 4)**, un cuestionario descriptivo (denominado de conceptualización de conocimientos básicos iniciales sobre el tema para el involucramiento con los experimentos de la exposición), fue un poco diferenciado de lo utilizado en el primer estudio. Esto se dio, en razón de que estamos ahora delante de un nivel inferior de escolaridad. Como segundo instrumento de evaluación individual por escrito, sólo fue aplicado en este estudio, después de la primera visita y al final de la preparación para la segunda visita. Este procedimiento, diferenciado en relación al primer estudio, se debe a que ahora se trata de alumnos de la enseñanza primaria y secundaria. Con la primera visita siendo considerada como un momento de apreciación, una especie de contemplación inicial, para el estudio que había sido iniciado en la escuela sobre trabajo y energía mecánica, con inserciones iniciales en la relación de la energía mecánica con otras formas de energía. Este nuevo procedimiento también fue asumido, debido a las dificultades encontradas por parte de los alumnos del estudio anterior en la respuesta a este cuestionario descriptivo de conceptualización. Una vez que, respondieron el mismo, aún en el final de la preparación para la primera visita y no mostraron buenos resultados. Estábamos así llevando en cuenta que deberíamos tener una mayor preocupación con este nivel de escolaridad. Actuando como si estuviésemos dando más tiempo a la madurez de estos alumnos. De ahí, consideramos la primera visita, en parte, dentro de la etapa de preparación para el cuestionamiento de los experimentos. Constando de la fase de preparación para responder al **cuestionario-1**. La idea era situar mejor a los alumnos en la relación trabajo-energía mecánica y mostrar la amplitud de esta relación incluyendo las transformaciones entre otras formas de energía. En

este momento la preocupación era de enfatizar los conceptos más generales e inclusivos, relativos a los fenómenos de transformación de energía. Con el enfoque en las proposiciones de la ley de conservación, pero en una visión más ampliada (que no se limite a la conservación de la energía mecánica), y que aún se preocupaba en tratar de la eficiencia con que ocurren los procesos de transformación.

El **TANC-1 (anexo 2)**, fue también un poco diferenciado y ampliado en conceptos en relación al del primer estudio, pasando ahora a incorporar más conceptos relevantes. Este test continuó a ser utilizado con la misma finalidad de buscar evaluar el desempeño del alumno en el relacionamiento efectuado entre pares de conceptos listados en el test. Fue aplicado luego después de la segunda visita para evaluar en esta etapa la capacidad del alumno en relacionar los conceptos relevantes que venían siendo trabajados por las estrategias de presentación de la programación. Aplicamos este test antes de la confección del **mapa conceptual-2**, una vez que, igualmente como en el primer estudio, también visaba subsidiar una lista de conceptos que podría auxiliar en el momento de la confección del mapa.

El **mapa conceptual-2** fue elaborado en la fase intermediaria, entre la segunda y tercera visita. Sirvió para evaluar el desempeño individual de cada alumno del grupo en la acción integrada después de la segunda visita. Tenía el propósito de acompañar la existencia de una evolución conceptual relativa a la energía que, de cierta forma, ya debería estar siendo influenciada por el recorte de la programación.

El **TANC-2**, fue el mismo test aplicado anteriormente en este estudio. Su repetición con los alumnos ocurrió después de la tercera visita, en el aula siguiente en la escuela. Fue aplicado en un día diferente de la aplicación del **cuestionario- 2** y antes de la confección del **mapa conceptual-3** (y de nuevo podría subsidiar conceptos y relaciones para la confección del mapa).

El **mapa conceptual-3**, el último mapa confeccionado por los alumnos sobre energía. Su confección fue cobrada individualmente a cada alumno en sala de aula, después de la tercera visita.

El **cuestionario-2 (anexo 6)**, un cuestionario descriptivo (denominado de problematización dos experimentos de la exposición), fue el último registro de evaluación individual escrita. Aplicado después de la tercera visita (último contacto de los alumnos con

los experimentos). Tuvo la función de evaluar el aprendizaje significativo en el dominio de conceptos y proposiciones por la problematización y cuestionamientos de los experimentos de la programación (las entrevistas también buscaron en este período evaluar de otra forma, oralmente, el conocimiento adquirido que justifique los fenómenos mostrados por los experimentos de la exposición. Cuando fuimos a buscar por el dialogo, la capacidad de respuesta mostrada por el alumno en atribuir significados al contenido de la exposición).

Todas las evaluaciones escritas y entrevistas fueron efectuadas en la escuela con nuestra presencia. En todas las visitas, en la condición de especialista, fuimos el expositor o participamos de la exposición en cooperación con el profesor. Simultáneamente en el papel de observador, acompañamos el procedimiento del profesor, en su capacidad de intervención frente a la exposición, cuando acompañaba las colocaciones del especialista, y el tipo de interacción que procurábamos mantener con los alumnos durante las visitas. La exposición fue documentada con fotos, grabación en audio, pequeños registros de grabación en vídeo, y en registros escritos después del término de la visita. El profesor del grupo tenía la función de acompañar las estrategias didácticas utilizadas en la conceptualización y en el cuestionamiento de los experimentos. Podría también efectuar intervenciones en el sentido de complementar y sacar dudas en lo que sea necesario. En su participación activa en la visita debería también, ir documentando la acción, con fotos, grabaciones y observar la participación de los alumnos frente a los experimentos. Cuanto al especialista además de efectuar la exposición de los experimentos visitados, tuvo algunas funciones específicas en el aula de la escuela. Cuando se le fue solicitado para desarrollar una tarea conjunta con el profesor y en los momentos de realizar las evaluaciones escritas y las entrevistas. Las actividades desarrolladas se encuentran descritas en la narrativa de la evaluación cualitativa efectuada. El profesor tenía que desarrollar la programación de la asignatura en la escuela. Nuestro acompañamiento de las actividades desarrolladas por el profesor en el aula ocurrió, la mayoría de las veces, por grabaciones de audio y con algunas fotos y durante los momentos presenciales que estuvimos en el aula. En el próximo ítem presentaremos el análisis cualitativo descriptivo de este primer estudio.

## **6.2 Análisis descriptivo del estudio.**

### **6.2.1 Consideraciones iniciales.**

Esta acción integrada Usina-Escuela, será narrado buscando seguir a orden cronológica de acontecimientos de los hechos, tomando como referencia el cronograma de las etapas de la visita a la exposición. En este sentido iniciamos describiendo como fue la preparación previa para el trabajo de campo en el escenario de la exposición en el aula. En que los alumnos eran personajes, el profesor y el especialista (que tenía la dupla función de investigar y actuar). La narrativa va a ser presentada siguiendo las diferentes fases o etapas de este estudio. Iniciado en la primera fase con la preparación del profesor para atender a los objetivos, programación y procedimientos de la investigación. En razón de la necesidad de él tener el conocimiento de la exposición y de la programación que sería desarrollada sobre el tema energía. Necesitaba también tener nociones de la psicología educacional que estaremos utilizando, enfatizando la necesidad de una enseñanza donde el alumno construya su conocimiento por el dominio conceptual. Auxiliado por la solución de problemas formulados a partir de la exposición. Para que se conozca la estrategia didáctica de presentación de la programación. Elaborada a la luz de un referencial teórico preocupado con la adquisición de conceptos en sus especificidades y complejidades. Las estrategias visaban traer condiciones más propicias al abordaje de la programación de la enseñanza. El comportamiento del alumno relativo al aprendizaje estuvo siendo investigado a la luz del aprendizaje significativo.

En la descripción de este estudio acompañaremos a competencias y habilidades de los alumnos frente a una programación de la enseñanza, preocupada con el entrelazamiento entre conceptos y proposiciones inherentes a la descripción de los experimentos de la programación. El profesor ya había tomado ciencia de la importancia de evaluar el aprendizaje utilizando técnica de los mapas conceptuales, y de otros instrumentos de evaluación escritos que utilizaríamos junto a los alumnos. En nuestra narrativa colocamos algunos hechos que ocurrieron en la fase de preparación de los alumnos para enfrentar la primera visita; y describimos como fue la participación del profesor y de los alumnos frente a lo que fue tratado durante la primera visita a los experimentos. Pasaremos a la segunda fase narrando lo que ocurrió en la clase, después de la primera visita en la acción del profesor, en la continuidad de la programación de la escuela. En la preparación de los alumnos para llegar a la segunda visita explorando los experimentos en más detalles y especificidades. En la secuencia pasamos a la narrativa de la tercera fase de la

investigación, donde volveremos a describir la acción en la escuela después de la segunda visita hasta llegar a la descripción de como procedemos en la realización de la tercera y última visita a la exposición. En la narrativa de esta investigación también mostraremos lo que ocurrió en la evaluación de los alumnos a través de entrevistas efectuadas en esta última fase (antes y después de la tercera visita). Para finalizar la descripción del estudio, por último, haremos un abordaje conclusivo de naturaleza general. En la cual efectuaremos una triangulación que integra la evaluación cualitativa (incluyendo las entrevistas), con las pruebas documentales de las evaluaciones escritas.

A pesar de haber efectuado una descripción cronológica, algunas anticipaciones y retrocesos en la narrativa fueron efectuados, y fue necesario complementar la evaluación efectuando asociaciones con los otros registros utilizados. Para traer más evidencias interpretativas a algo que en aquel momento se comprobaba. Para esto, algunas triangulaciones entre los instrumentos de evaluación escrita también fueron efectuadas cuando necesario. La narrativa del estudio muestra el comportamiento e intervenciones de los alumnos en la exposición y en el aula, muestra el planeamiento y la utilización de ciertos pasajes de la estrategia didáctica en sus argumentos frente a la exposición. Muestra algunos momentos acompañados de la actuación del profesor en actividades en el aula y la actuación del especialista frente a los experimentos. Muestra aún, las informaciones relevantes recogidas de los alumnos en las entrevistas y en otros momentos.

A seguir iniciaremos la descripción cualitativa de las diferentes fases de este estudio. Abordando algunos detalles importantes y puntos que se muestran relevantes a la comprensión de lo que ocurrió en el campo de la investigación.

### **6.2.2 Fase de preparación de la acción integrada en la escuela.**

La cooperación efectuada en el segundo estudio fue con un Colegio perteneciente a la red de enseñanza privada local. Ocurrió a través de un interés particular del profesor en efectuar experimentos para atender inicialmente a la programación tradicional de la escuela. En la oportunidad, como nos encontrábamos en negociación con algunas escuelas para desarrollar la acción integrada en un segundo estudio, hicimos la propuesta al profesor que acepto participar. En la negociación colocamos para el profesor que para efectuar este trabajo conjunto habría necesidad de cambios en la programación escolar. Acrecentando

que habría la necesidad de la misma se adaptar a la programación de la acción integrada. La elección del grupo de alumnos de esta escuela, quedo a cargo del profesor, desde que sea uno de sus grupos de la novena serie de la enseñanza primaria (la última serie de este nivel de escolaridad). Esa fase de negociación con el profesor fue efectuada al final de enero del año de 2007 (un poco antes de ser iniciado el año lectivo). Un fuerte motivo para haber sido escogida la última serie de la primaria era en razón de la programación inicial de ciencias para esta serie en la escuela, aún se encuentra en una perspectiva de la secuencia tradicional abordando nociones de Física en Mecánica, Calor, Óptica, Electricidad y Magnetismo. Siendo así más fácil negociar una adaptación de la programación escolar a nuestra propuesta. Efectuado los acuerdos con la escuela, iniciamos la etapa de preparación del profesor. En que pasamos a tratar de los objetivos, de los procedimientos, de la programación de la exposición de experimentos, de las estrategias de abordaje, de las formas de evaluación que serían utilizadas durante la investigación, la posibilidad de usar el cuaderno temático sobre energía (entre otros escritos que envuelva el recorte sobre el tema).

El profesor de cierto modo, ya conocía el trabajo de divulgación científica de la exposición de experimentos de la Usina Ciencia, que era volcada para una alfabetización científica. Una actividad que era efectuada junto a los alumnos de las escuelas sin lazos formales con la programación escolar. Mostrábamos para el profesor que, a pesar de esta nuestra actividad regular ya se encontraba incluida en la programación anual de visitas y excursiones culturales de algunas escuelas, necesitábamos en una escala piloto, efectuar un estudio sobre el efecto de la exposición frente al aprendizaje del alumno. Por su vez, el profesor demostraba estar encontrando dificultades en la escuela en desarrollar una enseñanza estrictamente teórica y poco contextualizada. Razón por la cual demostró interés por la actividad práctica del Centros de Ciencias. Creía que la cooperación podría incrementar un mayor interés de sus alumnos con relación a la Física que constaba de la programación de la asignatura ciencias en esta serie.

Después de los contactos iniciales sobre lo que deberíamos hacer para desarrollar la acción integrada, la propuesta fue aceita por la coordinación de la escuela. El profesor en la condición de un ex-alumno nuestro, ya conocía el libro sobre energía, cuando cursó la asignatura Instrumentación para la Enseñanza de la Física de la Licenciatura y también ya conocía algunos aspectos del contenido relativo al acervo de la exposición. En este período de preparación discutíamos con el profesor los tópicos importantes de ser abordados en conocimientos básicos para una comprensión del contenido sobre energía de nuestra

programación. Tratábamos también de los ajustes que necesitarían ser efectuados, para ir cambiando la manera del abordaje tradicional a lo que estaba acostumbrado a trabajar. Observábamos desde el inicio que había la necesidad de una preparación y adaptación gradual del profesor para actuar junto a la propuesta. En esta fase de negociación de ajustes en la programación escolar, por sugerencia del profesor, deberíamos iniciar el primer bimestre siguiendo la programación tradicional, la cual se encontraba más preparada para enseñar. Envolvía nociones de mecánica (sobre movimiento y sobre las leyes de Newton). Para que, en el segundo bimestre, con más tiempo para prepararse pueda iniciar un proceso de integración más efectivo en la programación conjunta. La primera fase de nuestra programación denominábamos de fase de preparación para atender a una fundamentación teórica inicial para participar de la primera visita. Así nuestra programación de preparación en la escuela empezó por nociones de trabajo y energía mecánica, tratando de la conservación de la energía mecánica, pero también, buscando ampliar esta ley para la conservación de la energía más general (primera ley de la termodinámica), incorporando otras formas de energía en un abordaje contextualizado.

En la oportunidad también quedo acordado que para desarrollar esta acción sería necesaria más de una visita a la exposición, pero, el número de veces, no pasaría de tres visitas (un reflejo de la experiencia adquirida en el primer estudio). El profesor y la escuela buscaron atender nuestra solicitud de la necesidad de acompañar los alumnos más de una vez, frente a la exposición, para dar más chances a que sean atendidos los objetivos de lo que nos proponíamos alcanzar en esta investigación. Quedamos en enviar para la escuela un documento en que invitábamos a la escuela para poner en práctica esta cooperación. Aprovechamos la oportunidad y también informamos que, esta acción integrada iría a requerir nuestra participación en la escuela. Que ocurriría en algunos momentos, a partir de una acción en conjunto con el profesor en el aula y cuando tuviésemos que aplicar las evaluaciones previstas.

Cuanto al libro de texto utilizado por la escuela era el de: Ciencias de la Naturaleza (8ª serie); autor: Antonio Lembo y Helvio Moises; editora IBEP, que busca en la edición actual trabajar dentro de los nuevos parámetros educativos de la educación brasileña. Pero, a nuestro ver, este libro continúa manteniendo la secuencia de la enseñanza tradicional, trabajando el contenido en separado por diferentes áreas del conocimiento de la Física, sin utilizar una perspectiva integradora. A pesar de abordar el contenido de energía en las diferentes áreas de estudio presentadas, no efectúa una integración entre las mismas.

Por su vez, no da a ese contenido una relevancia al abordaje como la que está siendo propuesta en la programación de la acción integrada. El libro adoptado no efectúa un abordaje contextualizado de naturaleza técnico-científica, como la que efectuamos en la divulgación científica de nuestro Centros de Ciencias. Segundo la teoría del aprendizaje significativo crítico a la intermediación del contenido en el aula pasa por el *principio de la no centralidad del libro de texto*. La enseñanza no puede estar centrada en un único libro. El libro debe ser complementado por documentos, artículos, otros libros, entre otros escritos educativos relevantes. Lo que justifica aún más la necesidad de complementación con material escrito adecuado. Nuestro cuaderno temático sobre energía estaba siendo propuesto junto con otros textos complementares en lenguaje accesible a los alumnos de esta serie de la enseñanza. Quedando a criterio del profesor utilizar algunas partes relacionadas a lo mostrado en la exposición, que sea considerada de lectura accesible en nivel de la programación de la asignatura escolar.

La fase de preparación de los alumnos en contenido físico para atender a la programación de la acción integrada, fue iniciada en el primer bimestre. Envolvió el estudio de mecánica: nociones de movimientos, el concepto de fuerza y las tres primeras leyes de Newton (un asunto que constaba en la programación regular de la asignatura de la escuela). El segundo bimestre fue iniciado por el concepto y definición de trabajo y energía mecánica. Donde fueron abordados los conceptos y definiciones de la energía cinética y potencial, e introducido la ley de conservación de la energía mecánica. En seguida fue tratada la disipación de la energía mecánica y su transformación en otras formas de energía (energía térmica, energía eléctrica), buscando a partir de ahí, dar un sentido más amplio a la ley de la conservación de la energía. Teníamos la necesidad de preparar al alumno, en este nivel más elemental de enseñanza, en una introducción a conceptos y proposiciones para formar una base de conocimientos y desarrollar procedimientos y actitudes en la exploración del tema energía. Con la intención de dar, desde el inicio, un direccionamiento al contexto técnico-científico que sería explorado. Diferentemente del procedimiento seguido en la programación inicial del primer estudio, la fase de preparación en este segundo estudio iría a incluir algunos fundamentos contenidos en los experimentos. Para eso, resolvemos incluir la primera visita, en el diseño investigativo actual, como fase de preparación para el estudio. Que estuvo siendo colocada como una visita de apreciación inicial de los experimentos. Posteriormente esa preparación fue consolidada y concluida en el aula hasta antes del momento de la segunda visita.

Este cambio de procedimiento en la acción integrada fue influenciado por los resultados negativos verificados en el primer estudio. Estuvimos a partir de ahí prorrogando el plazo de la fase de preparación, dedicando un mayor período de tiempo para la madurez inicial del alumno. En ese estudio había una preocupación mayor con el desarrollo de una base de conceptos subsunsores que puedan servir de anclaje a la nueva información contenida en la programación. Así, solamente después de esta fase de preparación más prolongada, a partir de la segunda visita, los alumnos pasarían a enfrentar una mayor profundización en el cuerpo del contenido sobre el tema abordado. Por esta vía, la primera visita, en el período de preparación, trató de abordar los experimentos con énfasis en los aspectos generales relativos a las transformaciones, buscando apenas, entrar un poco en algunas de sus especificidades. Así en la exposición de la primera visita fue citada pero no fue justificada: la inducción electromagnética, el fenómeno electroquímico, el fenómeno fotovoltaico entre otros fenómenos previstos en la programación. Tratamos apenas de mostrar las transformaciones en los generadores eléctricos y en la transmisión de calor para calentamiento, preocupados con la conservación de energía. Pero, haciendo también algunas referencias a la segunda ley, por colocar la eficiencia con que ocurrían los procesos. Esta visita ocurrió en el inicio del mes de mayo, en el segundo bimestre, dentro de la fase que denominamos de preparación en la escuela para actuar frente a la programación de experimentos. Este tipo de abordaje en el curso de una enseñanza que era practicado antes de manera tradicional exigía más cuidados en la preparación del profesor de la escuela. Por su vez, los alumnos iniciaban en su formación escolar un primer contacto más efectivo con la Física (envolviendo diferentes áreas del contenido de esa asignatura).

### **6.2.3 Enseñando a los alumnos a hacer mapas conceptuales (actividad en el aula).**

Queremos observar inicialmente que el primer bimestre, también se constituye en una etapa de introducción y preparación tanto del profesor cuanto de los alumnos en la confección de mapas conceptuales. En que fue seguido el mismo procedimiento efectuado en el primer estudio. Llevando en cuenta que se trataba de alumnos del último año de la enseñanza primaria, fue sugerido al profesor, después de haber adquirido cierto dominio en tratar con mapas, que también se inicie en la escuela esa preparación. Para eso sugerimos que se confeccione un mapa negociado en sala con la participación de los alumnos sobre un tema conocido. En seguida efectuamos en conjunto con el profesor la confección de un mapa de fuerza (relativo a la dinámica newtoniana que estaba siendo trabajada en la escuela

en aquella oportunidad). Solicitamos que el profesor lleve ese mapa de fuerza para la escuela y presente en el aula, para que sea discutida su estructura conceptual con los alumnos. En este segundo estudio, la primera evaluación previa escrita de los alumnos también consistía en la elaboración de un mapa conceptual sobre energía. Lo mismo fue realizado antes de la primera visita (considerada aquí como fase de preparación). Observando que la primera visita fue realizada después de tres semanas del inicio del segundo bimestre lectivo. Los alumnos en este período se envolvían con el asunto de la programación: trabajo y energía mecánica.

Las dificultades mostradas por los alumnos por el bajo desempeño de la grande mayoría del grupo en la confección de este primer mapa sobre energía nos llevo a intervenir en la escuela. Cuando fuimos a desarrollar un trabajo conjunto con el profesor, para dar seguimiento a la preparación de los alumnos en la construcción de mapas. Durante la construcción del segundo mapa, los alumnos con dificultades, mostraron haber desarrollado bastante en el uso de esta técnica. Estas dificultades iniciales con la elaboración de mapas es un hecho que ya había sido verificado desde el primer estudio. Creemos que este hecho no sea apenas una falta de madurez con el contenido físico envuelto. Se trata también de requerir una mayor inversión de tiempo para ganar una mayor madurez en el dominio de la técnica. Para quien no se encuentra acostumbrado a elaborar mapas y utilizarlos para mostrar la estructura conceptual de cierto contenido queda sometida a un proceso que, para la mayoría de los alumnos, sólo debe surtir efecto, en el curso de una sucesión de repeticiones de su elaboración. Concomitante con la madurez que se va adquiriendo sobre el asunto en la duración de la asignatura.

#### **6.2.4 Fase de preparación en la programación inicial (relativa al aula del profesor en la escuela).**

Inicialmente es importante observar que, en la preparación del profesor para actuar frente a la programación, en ambos estudios, se buscó utilizar una metodología de enseñanza, tanto en la exposición de experimentos cuanto en la asignatura escolar, localizada sobre una base de aprendizaje por recepción y por descubrimiento del aprendizaje significativo. En el aprendizaje receptivo, el contenido principal de la asignatura es meramente colocado para el alumno. Es exigido que el mismo se relacione activa y substantivamente, a aspectos relevantes de conocimientos ya contenidos en su

estructura cognitiva. Si esta condición no es atendida, el aprendizaje receptivo puede llevar a una retención mecánica en lugar de promover una retención significativa. El aprendizaje por recepción, el contenido de la nueva información es presentado al alumno en su forma final. No envuelve necesariamente ninguna tarea independiente de descubrimiento por el alumno en el acto de incorporar el material programado para la enseñanza. La cuestión es que, para la recepción ser significativa ella necesita envolver un material que sea potencialmente significativo para el alumno. Y aún se exige que el alumno tenga predisposición para aprender. Cuando eso no ocurre es aún posible en el escenario de esta investigación que pueda ocurrir el aprendizaje por descubrimiento. Principalmente durante la visita delante de la interacción con los experimentos de la programación. En este tipo de aprendizaje el contenido principal, de lo que debe ser aprendido, puede ser descubierto antes mismo de ser aislado por aspectos relevantes contenidos en la estructura cognitiva. Grande parte de la información adquirida por el alumno en la escuela y fuera de ella es por descubrimiento. Es previsto en el descubrimiento que sea desarrollado un aprendizaje significativo inclusive sin una vivencia con una experiencia previa con la recepción verbal o sin una experiencia con la solución de problemas.

En este estudio la sistemática de trabajo recomendada al profesor era la misma: colocar en práctica una enseñanza receptiva participativa, que ya ocurría en las clases expositivas. Enfatizando que en la clase expositiva, era importante que se requiera, siempre que posible, la participación de los alumnos. Que necesitaban mostrar la comprensión que tenía de lo que estaba siendo abordado. En clases anteriores, al inicio de la asignatura, en el primer bimestre, cuando actuábamos en la preparación del profesor para la acción integrada, el profesor colocó que hasta ese momento, había trabajado la noción de movimiento y efectuado una introducción a la idea de fuerza, para después introducir las leyes del movimiento de Newton. El profesor se refería en aquella oportunidad a la metodología utilizada en el aula, colocando que para que el alumno madurezca delante de la fundamentación teórica, él buscaba efectuar la solución de problemas como ejercicios. En la ejemplificación de los problemas trabajados quedaba claro que, los mismos, a pesar de ser compatibles con el nivel de enseñanza, casi siempre exploraban la perspectiva tradicional, que consta en los libros de textos usuales de esta enseñanza.

El profesor inició la programación en la escuela para la acción integrada, tratando de presentar para los alumnos una noción del concepto y definición del trabajo mecánico y el de la energía mecánica, buscando referirse a esta fundamentación teórica a través de

ejemplos ilustrativos en que trataba de la relación entre trabajo y energía e introducía la ley de la conservación.

En esta fase de preparación para observación y análisis de lo que era practicado en la escuela vamos a considerar la narrativa del aula siguiente que acompañamos por grabación. Vamos con eso, buscar caracterizar el trabajo del profesor en la preparación de los alumnos, dentro de su programación inicial, para participar de la primera visita. El aula fue iniciada con el profesor abordando el concepto de trabajo mecánico, buscando caracterizar en la definición de este concepto, en qué consistía el producto de la fuerza por el desplazamiento. En seguida se refiere a la unidad de trabajo y de energía como siendo el Julio (*Joule*), y busca fundamentar lo que representaba la misma, en función de las grandezas fundamentales espacio, tiempo y masa (buscando efectuar el análisis dimensional que aún no había sido trabajada anteriormente). Pasa de ahí a relacionar el trabajo a la energía mecánica a través de la variación de la energía potencial y de la energía cinética. Buscando también presentar la definición de la energía mecánica. Después es colocado el concepto de energía en su naturaleza más generalizada, refiriéndose a la existencia de otras formas de energía. Buscamos en la secuencia formalizar a través de la descripción matemática la relación entre la variación de la energía cinética y la variación de la energía potencial gravitacional, tomando como ejemplo, un objeto lanzado para arriba en caída libre. Realizamos a partir de ahí otros ejercicios de aplicación con el trabajo y la energía mecánica. El aula ocurría al estilo tradicional de aula expositiva, pero estimulando y exigiendo la participación y acompañamiento del grupo en la conceptualización y solución de problemas sobre energía (haciendo referencia a otras formas de energía, como ejemplo, la energía sonora). Los alumnos participan de la clase con cierta atención de la asignatura, no desarrollando conversas paralelas durante las colocaciones del profesor. El aula es concluida con el profesor buscando relacionar la energía bioquímica del cuerpo humano a la producción de otras formas de energía (como la energía mecánica que utilizamos). El abordaje del asunto en el aula transcurrió en un período total de 45 minutos.

En otra oportunidad en la continuidad de la programación, en el aula siguiente (antes de la primera visita), el profesor buscó efectuar con los alumnos una actividad en grupo. En la misma exigía una acción más participativa del grupo en la resolución de dos problemas, aún de característica estrictamente teórica, sobre la caída libre de los cuerpos. En la mediación que efectuaba se buscaba averiguar si los alumnos del grupo conseguían trabajar con las relaciones entre trabajo con energía cinética y con la energía potencial. Se

buscó aún mostrar, al final de esta actividad, que por detrás de aquellas relaciones se encontraba el concepto de conservación de la energía mecánica. A partir de esta primera noción sobre la ley de conservación, se buscó posteriormente ir ampliando este concepto, introduciendo otras conexiones de la transformación de la energía mecánica, totalmente o parcialmente, con otras formas de energía (como en la relación de la energía eléctrica, de la energía calorífica, entre otras formas). Mostraba tener como enfoque un dominio más amplio de la ley de conservación de la energía.

En otra oportunidad observada el profesor inicia el aula refiriéndose que iba a tratar de abordar el trabajo y la energía y solicitaba que en la próxima clase los alumnos traigan el libro para que realicen una actividad sobre el asunto. Inicia conceptuando trabajo a partir de la aplicación de una fuerza: *“el trabajo va a ser el valor de la fuerza veces el desplazamiento”*, Continuando, se refiere a la energía mecánica como *“la base de todos los otros tipos de energía... se presentan en el tipo de energía cinética y de energía potencial”*. Después pasa a hablar del concepto de energía potencial gravitacional situando que su variación ocurre en función de la altura. Vuelve en seguida a tratar de la energía a partir de su concepto genérico: *“como la capacidad de un cuerpo realizar trabajo”*. Continúa a tratar de la energía mecánica para relacionar la variación de la energía potencial, y la variación de la energía cinética (busca ilustrar como ejemplo, un problema de caída libre de los cuerpos). Vuelve en seguida a tratar de la energía dentro de un aspecto más amplio, refiriéndose a energía de los alimentos (colocada por el profesor como energía química). Trata de la energía mecánica en nuestro cuerpo efectuando una asociación con el trabajo que efectuamos en nuestro organismo para ejercer diferentes funciones internas de naturaleza bioenergética. Retorna la energía mecánica para definir la energía cinética y la energía potencial gravitacional, efectuando la composición de estas energías para definir la energía mecánica.

En este momento del aula se buscó hacer una asociación para fijación de estas definiciones con que los profesores de los cursos preparatorios suelen hacer. Cuando se utilizan de *slogans* (componentes de vulgarización de la ciencia) con la finalidad de fijación de las formulas presentes en estas definiciones. Efectúa en seguida una nueva aplicación utilizando datos numéricos para un cuerpo lanzado para arriba en caída libre (bajo acción de la gravedad), buscando refuerzos en las relaciones existentes entre la energía cinética y la energía potencial. Un hecho que nos llamó la atención fue el de que, en este momento, el profesor se preocupó en expresar el valor de la gravedad utilizando el detalle de la

aproximación a la casa centesimal ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). Pero se refiere a que en la práctica iba a utilizar la aproximación decimal ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ). Pero en la hora que los alumnos efectúan los cálculos, se efectúa una nueva aproximación para  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . A nuestro ver, este procedimiento es común y podría hasta ser considerado normal, pero, objetivamente para esa instancia de enseñanza se muestra como una preocupación desnecesaria, dentro de la disponibilidad de tiempo de la asignatura para atender a propósitos más relevantes de comprensión conceptual sobre el tema energía que queríamos desarrollar.

El profesor durante su exposición buscó la interactividad solicitando la participación de los alumnos, como ocurrió durante la resolución del ejercicio con cálculos algébricos envolviendo las relaciones entre las energías mecánicas: cinética y potencial. En este momento de solución de problemas, el profesor cuestiona a los alumnos sobre: “¿Porqué la energía potencial en el suelo es igual a cero?”. Asume en este ejemplo que, la energía mecánica se conserva. Y busca mostrar como estrategia para resolución de este tipo de situación colocar los puntos de interés para análisis, es decir, las condiciones de resolución, asumiendo que: la energía mecánica inicial es igual a la energía mecánica final (mostrado por un diagrama ilustrado en la pizarra). En razón de la ley de conservación y de los conceptos de energía cinética y de energía potencial, el profesor muestra que es posible determinar la velocidad vertical con que el objeto en caída puede llegar al suelo.

A pesar de estar tratando de un ejemplo ilustrativo específico el profesor vuelve a referirse a aspectos generales de las relaciones entre diferentes formas de transformaciones de energía, caracterizando la importancia de la ley de conservación. El profesor entonces se refiere a la energía del cuerpo (de nuevo como energía química), utilizada para producir el sonido emitido por las cuerdas vocales. La que buscó asociar a energía sonora, caracterizando como de naturaleza mecánica cuando se refirió a la vibración mecánica del aire producida por las cuerdas vocales. La idea de esa ejemplificación no era que en este momento se trate del fenómeno ondulatorio de la propagación del sonido y simplemente preocuparse en preservar la ley de conservación de la energía en esta transformación. Fueron cuarenta minutos de exposición donde el profesor buscó describir conceptualmente como ocurre a las relaciones de energía en su naturaleza general, en algunas situaciones analíticas, buscando envolver la participación de los alumnos.

Lo que verificamos en este tipo de actividad expositiva envolviendo un asunto nuevo es que, los alumnos interesados se encontraban mucho más volcados a acompañar las ideas del profesor de que a participar interactuando como un alumno

perceptor/representador. Una vez que demostraban actuar en estos momentos de hechos nuevos con mucha modestia (lo que podría ser visto como un comportamiento normal que podría ser mudado a través de estímulos a la participación, provocados por el profesor). Es probable que en la metodología expositiva utilizada por la escuela tradicional los alumnos ya estén más acostumbrados y preocupados en pensar un hecho a partir de las colocaciones del profesor. Una vez que, a partir de ahí, pueden desprender un menor esfuerzo mental en desarrollar un modelo. En esta situación, si el alumno tiene condiciones (potencial cognitivo) y predisposición en acompañar el desarrollo analítico de las cuestiones colocadas por el profesor y de la conceptualización referente al asunto, él puede hasta desprender un menor esfuerzo y ganar tiempo; en relación a que, se tuviese que estudiar por cuenta propia. En la comprensión de los hechos a través de la lectura del libro de texto.

A pesar de una aula expositiva, cuando consigue ser acompañada, facilita en algunos aspectos el proceso enseñanza-aprendizaje, cuando este tipo de comportamiento se vuelve rutina puede establecerse en el alumno un condicionamiento a un aprendizaje limitado a la visión y argumento del profesor. Que se vuelve desfavorable para promover la independencia de los alumnos en el sentido de despertar la capacidad de buscar la comprensión y de saber utilizar e interpretar el contenido escrito más amplio de los libros de texto (también no favorece al desarrollo del lenguaje). Así, un alumno inclusive cuando es bien sucedido en una asignatura simplemente por acompañar y estudiar por los apuntes del profesor, de seguro se encuentra dentro de un proceso de enseñanza-aprendizaje restringido en lenguaje, en contenido y en el abordaje del modelo conceptual, que se encuentra apenas referenciada en las colocaciones del aula. Así observábamos que a pesar del profesor buscar cobrar la lectura y la solución de problemas del libro, existía una cultura, igualmente observada en el primer estudio, de guiarse en estudiar el asunto basado en los apuntes y ejercicios practicados en aula.

No podemos dejar de registrar en este momento que, cada vez más, de una manera general, la enseñanza tradicional de Física viene restringiéndose a quedar situado, en muchos aspectos, en lo que es colocado oralmente y escrito por el profesor. En este contexto, el alumno se encuentra permanentemente preocupado en efectuar las anotaciones del momento del aula sin efectuar mayores reflexiones. A nuestro ver, lo cómodo de este procedimiento, no debería agrandar ni al profesor ni ser el procedimiento de participación del alumno. Una vez que, esta limitación de una enseñanza-aprendizaje con base apenas en la

exposición del profesor, sin el acompañamiento a través de otros escritos, no amplía el horizonte conceptual de la ciencia que el alumno necesita desarrollar. Una estrategia didáctica importante para desarrollar las potencialidades cognitivas es efectuar la enseñanza-aprendizaje utilizando el sentido directo de la concepción para la solución de problemas y el sentido inverso de la solución de problemas para la concepción. Cuando el aprendizaje significativo crítico coloca que la intermediación del contenido en el aula pasa por el *principio de la no centralidad del libro de texto*, significa decir que la enseñanza practicada en el contexto escolar no podría estar centrada en las anotaciones oriundas del discurso del profesor. Así, lo que fue colocado durante el aula debería estar siendo complementado por el libro texto de la escuela y por otros textos afectos a la programación. Otro principio traído del aprendizaje significativo crítico se refiere al requisito de la lectura científica, cuando se refiere a tratar *el conocimiento como lenguaje*. Donde es colocado que la influencia del lenguaje está lejos de ser neutra, tanto en el hecho de percibir cuanto en el hecho de evaluar las representaciones o las visiones de mundo colocadas por la ciencia. Así la clave para la comprensión de cierto contenido pasa por el conocimiento léxico y por la forma con que se estructura su lenguaje. Un hábito que fue subutilizado en la relación profesor-alumno en la asignatura. El papel aquí colocado para el lenguaje es el de ser un condicionante para el aprendizaje, juntamente con la actitud y la potencialidad del material de enseñanza utilizada. En verdad este factor va a dificultar un mejor rendimiento de los alumnos delante de nuestro sistema evaluativo.

Del mismo modo que quedó registrado en el primer estudio, en este segundo estudio estamos notando que el profesor de la escuela viene encontrando dificultades similares frente a la cultura instalada en el procedimiento de los alumnos de la enseñanza primaria: la falta de empeño y de desarrollo de hábito para la lectura. Lo que compromete el dominio del lenguaje científica que, por su vez, compromete la comprensión del contenido científico. Dentro del recorte que efectuamos sobre energía, tanto en el momento de la visita cuanto al abordaje de la clase expositiva, se requiere del alumno una dedicación complementar de lectura. Para que él pueda efectuar reflexiones sobre conceptos y proposiciones, familiarizarse con el lenguaje con lo que expresa los fundamentos de una determinada ciencia, y para ir adquiriendo el conocimiento constante de la programación. La dedicación a la lectura complementando las actividades desarrolladas traería un mejoramiento progresivo a la interpretación científica de los hechos. En este sentido fue colocado para el profesor la necesidad de la utilización del libro de texto adoptado y del material disponible necesario para complementar la lectura. En nuestras reuniones de

coordinación con el profesor procurábamos discutir los puntos importantes de ser tratados como la literatura complementar del material que habíamos seleccionado. Hacíamos lo posible para auxiliar el trabajo del profesor en atendimento a los objetivos de la acción integrada.

Lo que notamos cuando acompañamos la grabación de algunas clases, en esta fase inicial de preparación fue que, el profesor efectuó la relación entre energía cinética y energía potencial adecuadamente e hizo referencia a la ley de conservación. Pero trabajó considerando apenas ejemplos ilustrativos, sin preocuparse en asociar lo que estaba contenido en los experimentos a ser visitados. Como sería el caso del experimento del loop, o inclusive la caída de agua en las hidroeléctricas. Eran situaciones programadas para ser exploradas por la **estrategia 1** de la programación de la acción integrada. Observamos para el profesor, en una de las reuniones de coordinación, que esa transposición didáctica para el contexto de nuestra exposición ya podría estar siendo explorada. Esta fase de preparación, antes que ocurriese la primera visita, debería ser una oportunidad de efectuar el tratamiento teórico asociado al contexto de la exposición. En razón de la perspectiva tradicional de enseñanza que venía adoptando, estábamos preocupados con el rumbo que venía dando a su abordaje. Una vez que, no estaba direccionando sus acciones para los problemas contextuales visando una alfabetización científica, como habíamos combinado.

#### **6.2.5 Primera visita a la exposición de la usina ciencia.**

La primera visita a la exposición ocurrió al inicio del mes de mayo de 2007, después de una fase preliminar de preparación iniciada en el mes de febrero. En este período, los alumnos ya habían tenido aulas de nociones de energía mecánica con sus relaciones de transformación y de relacionamiento con el trabajo mecánico, y aún habían buscado relacionar la energía mecánica a otras formas de energía. Para eso era utilizado entre definiciones y relaciones, como principal referente operatorio, la ley de conservación de la energía. La programación escolar del primer bimestre lectivo fue hasta el final de abril, mientras el segundo bimestre se encerraría en mediados del mes de junio. La primera visita sólo ocurrió después de una preparación inicial para interactuar con la exposición. Vale recordar que esta visita hacía parte de la fase de preparación.

Después de la primera visita, en el trabajo desarrollado en la programación escolar, otros aspectos específicos de los fundamentos de cada uno de los fenómenos mostrados deberían ser discutidos. La idea era llevar a los alumnos a la profundización y la madurez en el contenido frente a las generalidades y las especificidades conceptuales. Estábamos llevando en cuenta que, todo que sea posible hacer en la etapa de preparación debería incluir la primera visita como un momento de contemplación para una apreciación inicial. Hasta porque, el aprendizaje del contenido principal traído por los experimentos de la exposición, inclusive sin una vivencia previa podría llevar a descubrimientos. Lo que segundo el aprendizaje significativo puede ocurrir, antes mismo, de ser aislados, a través de aspectos relevantes contenidos en la estructura cognitiva. Lo que lleva a pensar que pueden ser atribuidos algunos significados a partir de una vivencia momentánea de colocaciones y cuestionamientos delante de los fenómenos.

En el cronograma estaba establecido que el primer mapa debiese ser elaborado antes de la primera visita, después de la fase de preparación, sin aún una influencia amplia del recorte efectuado sobre el tema energía, que podría traer. Como no hubo disponibilidad de tiempo en la escuela para que los alumnos efectúen la elaboración del primer mapa conceptual, el fue elaborado en la Usina Ciencia antes de la visita a la exposición. Constó de la primera evaluación previa escrita de nuestro diseño investigativo. En esta oportunidad además de solicitar la elaboración del mapa conceptual sobre energía, también colocamos para los alumnos más dos tareas: la primera solicitaba que ellos escribiesen en pocas palabras un concepto para la energía; y la segunda tarea solicitaba que listen los conceptos que serían utilizados en el mapa y en seguida expresen sus significados. Los alumnos utilizaron entre treinta a cuarenta y cinco minutos de la visita para dar las respuestas a las tareas solicitadas y esta visita estaba prevista para un período de tiempo que duraría alrededor de una hora y media. En el comentario que ya efectuamos relativo al desempeño en el primer mapa quedo evidenciado que muchos alumnos mostraron aún no estar preparados para su elaboración. Demostraban estar inseguros, independiente del dominio que tenían sobre el asunto. Fue cuando resolvemos dejar la tarea como una actividad facultativa, en razón de aquellos que mostraban esa dificultad y hasta se negaban a ejecutar la tarea. En el primer estudio ya nos habíamos enfrentado con esa falta de preparo inicial en la elaboración del primer mapa sobre energía. Pues grande parte del grupo mostró estar esbozando un diagrama sin una noción definida de lo que estaba haciendo. De esta manera tuvimos que dispensar en este primer momento la obligatoriedad de la confección del primer mapa para los alumnos que no se sentían preparados por no tener una noción de

cómo realizar la tarea. Como la evaluación se encontraba programada para un momento antes de la visita, una pequeña cantidad de alumnos se comprometió a desarrollar la tarea, resolvemos llevar la iniciativa adelante (en la evaluación efectuada posteriormente resolvemos considerar la omisión de la confección del mapa como una situación de ninguna definición). Decidimos en este momento por la no obligatoriedad, para no comprometer aún más, el tiempo que había sido destinado a la visita a los experimentos. Posteriormente tuvimos que intervenir personalmente en la escuela, en conjunto con el profesor, buscando complementar la tarea relativa a la confección de mapas. Una vez que, el trabajo efectuado por el profesor para la construcción de mapas, no surtió el efecto deseado.

El restante del tiempo, alrededor de una hora de duración ocurrió a la primera visita a la exposición. Donde inicialmente fue efectuado un rápido pasaje por la casa ecológica, alrededor de unos 15 minutos, con la idea de mostrar alrededor de la casa para que se observe el funcionamiento de la veleta (“cata-vento”) de la generación eólica (contenido en la **estrategia 2**) y el de la célula solar (contenida en la **estrategia 4**), utilizados para mantener la electricidad en la casa. Aún fue mostrado el sistema de calentamiento de agua, y hecho referencia a otras características generales que caracterizan una casa de naturaleza ecológica. Los detalles y especificidades sobre la tecnología alternativa de utilización de energía contenida en la casa, relativa a los fenómenos físicos y al tipo de material utilizado, quedo para ser tratado en la próxima visita. Las especificidades en conceptos y proposiciones de cada fenómeno serían iniciadas en el aula y entrarían en el abordaje de la segunda visita. En los cuarenta y cinco minutos restantes, fuimos a mostrar en la sala de energía el restante de los experimentos que constaban de nuestro recorte de la programación. Iniciamos siguiendo la misma estrategia del estudio anterior dando énfasis al tratamiento de la energía mecánica utilizando el experimento del *loop* (una rampa inclinada para la bajada de una esfera, conteniendo en el trecho final una trayectoria en formato circular para el procesamiento del *loop*). Experimento este, que en su abordaje utilizaba la **estrategia 1**. La idea principal de este experimento era buscar mostrar la relación entre la energía cinética y la energía potencial gravitacional utilizando la ley de conservación. Pero, también tendríamos que mostrar experimentalmente que había una pequeña disipación de la energía mecánica que no estaba siendo considerada o siendo llevada en cuenta. Utilizamos después la esfera en *loop* para estudiar la cantidad de energía mecánica inicial necesaria a ese procesamiento. Buscamos cuestionar junto a los alumnos si el *loop* fue efectuado por la esfera con sobra o sin sobra energética. Una conclusión que debería ser retirada en función de la observación del salto dado por la esfera, antes de caer en la bolsa que la recoge.

Era importante en la **estrategia 1** abordar el fenómeno de manera que sea caracterizada la existencia de una cantidad mínima de energía, límite para procesar el *loop*. Para que se pueda pensar que antes, en situación normal, el fenómeno estaba procesando con sobra de energía mecánica. Buscamos en seguida efectuar una analogía de lo que ocurría en el procesamiento del *loop* con la generación causada por la caída de agua en la hidroeléctrica. La idea era la de caracterizar en razón de una energía mínima necesaria a ambos procesamientos, lo que pasamos a denominar aquí en Brasil de apagón (*blackout*), en épocas de sequía (por la indisponibilidad de los recursos hídricos necesarios a la generación).

En seguida buscamos accionar los generadores de energía eléctrica por inducción magnética a la manivela y en seguida a chorro de agua que accionaba las palas de la turbina del generador. Asociado al generador utilizábamos un circuito, a veces abierto (en funcionamiento), y a veces cerrada (desconectado). Para que los alumnos acompañasen el trabajo adicional que el circuito cerrado requería. En seguida buscamos el movimiento de un imán en las proximidades de la bobina encendida a un galvanómetro. Para observar la generación de corriente eléctrica. En la oportunidad con la preocupación de apenas caracterizar la transformación de energía mecánica en energía eléctrica. Haciendo referencia al fenómeno de inducción magnética, apenas para justificar el movimiento relativo del imán junto a la bobina. También buscando explorar en el generador la manivela, la razón de asociar el “esfuerzo” (el trabajo) la producción de energía eléctrica para funcionar el circuito. También asociábamos al procedimiento de movimiento la manivela y la necesidad de colocar el imán en movimiento relativo a la bobina para provocar el fenómeno de inducción magnética. En este momento de la exposición eran utilizadas la **estrategia 2** y la **estrategia 3** con simplificaciones. Estas estrategias estaban siendo simplificadas para abordar apenas las características generales relativas a los fenómenos. Para mostrar, por ejemplo, la necesidad de realización de un trabajo mecánico, que se encuentra asociado a la disponibilidad de la energía mecánica para obtener energía eléctrica. En este momento nuestra preocupación mayor de la fundamentación teórica era relativa a la transformación, se situaba en el tratamiento de asociaciones alrededor de la ley de conservación de la energía. No teníamos la preocupación de mostrar el fenómeno de inducción por las especificidades contenidas en la **estrategia 3** referente a la ley de Faraday y la ley de Lenz (a pesar de que esa ley se encuentra asociada a la ley de conservación).

En seguida pasamos a tratar, en sus aspectos generales, las energías envueltas en las otras dos formas de transformación para generar electricidad para consumo: el efecto electroquímico del principio de funcionamiento de las pilas (**experimento 6**) y el efecto fotovoltaico de las células solares (**experimento 5**). Sin entrar en las especificidades de la **estrategia 4**, que efectúa una comparación mostrando diferencias y similitudes entre los dos fenómenos. El grupo de alumnos que inicialmente se mostraba muy inquieto, al ingresar a la sala de energía, se dispersa por diferentes experimentos y busca frente a los mismos querer saber simultáneamente sobre todo que observaban. Una dificultad inicial que tenemos en la visita a la exposición delante de un comportamiento previsible que ocurre con muchos grupos escolares que visitan a la exposición. De esta forma, permitimos esta acción inicial buscando controlarla después de algún tiempo, conjuntamente con el profesor de la escuela y con el monitor de la exposición. Durante la exposición requeríamos inicialmente un comportamiento que, concentre la atención para oír nuestra argumentación. Para que después interactúen con los experimentos y sean estimulados a efectuar preguntas sobre los fenómenos mostrados. Utilizando una metodología de una exposición interactiva para negociar que muestren la percepción que estaban teniendo, la interpretación física atribuida a los fenómenos. Al final faltaba aún tratar del **experimento 7**, que tendríamos que proceder con más objetividad por no haber más tiempo en razón del horario de retorno de los alumnos a la escuela. También existía una expectativa muy grande del grupo por causa del funcionamiento del generador electrostático.

A pesar de la contemplación de algunos fenómenos electrostáticos ocurridos en el funcionamiento del generador, el abordaje teórico detallado de los mismos y las preguntas efectuadas sólo serían respondidos en detalles durante las actividades en la escuela. Fue posible mostrar brevemente a través del generador algunos fenómenos asociados a los efectos de la electrización de su cúpula, tales como: sobre la disponibilidad de la energía producida para consumo; sobre el escalofrío del pelo de la persona en contacto con el generador; sobre las descargas eléctricas; y sobre el choque eléctrico en las personas próximas al aparato. Buscamos efectuar brevemente una justificativa teórica para los fenómenos mostrados que puedan despertar y servir de base a lo que estaba previsto para ser trabajado posteriormente en la escuela. Pero, nuestra preocupación mayor, en aquel momento, en la utilización de la **estrategia 5**, era mostrar la necesidad de la realización de trabajo mecánico para el movimiento de la correa del generador, para provocar la electrización de la misma y hacer con que la cúpula del generador quede electrizada. Otra justificativa importante en el contexto social era relativa al hecho de la disponibilidad de

producción de energía eléctrica en este aparato ser pequeña. Una cuestión que busca mostrar y despertar en el alumno para la inviabilidad de este aparato en la producción de energía para consumo. Procurábamos relacionar su pequeña potencia en el fornecimiento de energía comparada con la de los circuitos que utilizamos en el cotidiano.

El balance general de esta primera visita que tuvo un poco más de una hora y media de duración para tratar de los experimentos mostró que la mayoría de los alumnos demostró interés y tuvo una participación activa frente a los fenómenos que estaban contemplando. Prefirieron en este primer momento de visita colocarse bien en frente a los fenómenos, más para observar de que para preguntar sobre los hechos vividos. Mientras tanto, como buscamos efectuar una exposición interactiva, buscábamos, siempre que posible, provocar el diálogo a través de algunos cuestionamientos de lo que estaba siendo mostrado. Había, una inquietud en ciertos elementos del grupo que, a veces, dificultaba el diálogo en el proceso de interacción que deseábamos establecer. Como se trataba de un momento en que los fenómenos científicos son mostrados en un clima abierto y relajado delante de los fenómenos, algunos alumnos llegaban a excederse buscando llamar la atención con exclamaciones y hasta gritos. Esta actitud en algunos momentos incomodaba al especialista, al profesor y a los alumnos, que buscaban mantener un equilibrio entre la informalidad y un involucramiento más concentrado para la comprensión de la exposición. A final estábamos buscando utilizar el momento de la visita para que los alumnos sean despertados para algunas razones del pensamiento científico, en beneficio de su proceso de aprendizaje que tendría continuidad en la escuela. Lo que estaba siendo efectuado a través de una tentativa dialogada, una vez que sería importante que los alumnos consiguiesen ir mostrando el nivel de comprensión que tenían al interpretar los argumentos que el especialista iba colocando frente a los hechos. En los momentos de mucha “euforia” el profesor buscaba reclamar del comportamiento de los más inquietos.

Como el tiempo que disponíamos en esta primera visita a la exposición no era muy grande, en función de un atraso del grupo en dislocar de la escuela para la Usina Ciencia y aún en función del hecho de que tuvimos que aplicar una evaluación previa en la confección del mapa, el período de visita dedicado a fuentes de calentamiento por irradiación solar y a la casa ecológica, fue considerado insuficiente. Mientras tanto dentro de la simplificación de las estrategias para atender a la preparación contenida en la programación inicial, a nuestro ver, la finalidad de la presencia de los alumnos frente a los experimentos en aquel momento inicial de la acción integrada fue alcanzada. Desde el primer estudio,

enfaticábamos para la necesidad de que en la primera visita se busque presentar y discutir el contenido de la exposición, colocando una visión más general de todo lo relativo al recorte efectuado. En aquel momento de inicio de actividad en la exposición trataríamos de las ideas más generales e inclusivas sobre la energía y no necesitaríamos entrar en detalles y especificidades (de cierta forma acompañando una recomendación para la estructuración de una programación educativa, contenido en la psicología del aprendizaje significativo). Como pudo ser observado, en esta primera visita, concentramos una mayor atención en los alumnos, que en los experimentos de la sala de energía. Entre los demás experimentos de nuestra programación, era el local en que se encontraban los experimentos relativos a la generación de energía eléctrica por inducción (nuestro principal medio de producir energía eléctrica para consumo). Era el local donde deberíamos concentrarnos a la comprensión de las ideas más generales e inclusivas de los procesos de transformación energética. En el área externa del Centros de Ciencias se encontraban expuestos los fenómenos inherentes a los sistemas de calentamiento por energía solar. Que fueron observados apenas para mostrar o calentamiento producido. No hubo tiempo para una interacción mayor a fin de discutirse los fundamentos teóricos de estos sistemas en funcionamiento. Lo que va a quedar para ser trabajado por la exposición a partir de la segunda visita. En la fase de este estudio que esperamos que ya haya sido ampliada en la escuela la base conceptual para eso (conceptos relativos la temperatura y calor, entre otros).

#### **6.2.6 La continuidad de la construcción de mapas y otras acciones en la escuela con la participación del especialista.**

Entre las pocas intervenciones que efectuamos en la escuela, fuimos a hacer una introducción al concepto de energía. Con la intención de auxiliar y complementar el trabajo que el profesor venía realizando en la fase de preparación de la programación que iba hasta la primera visita. A partir de esa visita la enseñanza/aprendizaje debería quedar más contextualizado en los experimentos constantes de nuestra programación.

Aprovechando la oportunidad, colocamos que la energía se trataba de un concepto muy amplio y muy conectado en la actualidad en la ciencia y la tecnología. Argumentábamos, según las razones contenidas en el cuaderno temático, que la energía era un concepto que tuvo su origen en razones de naturaleza filosófica de la ciencia Aristotélica, efectuando de ahí una breve evolución del concepto hasta la concepción actual

de energía que integraba diferentes áreas de las ciencias (principalmente en las asignaturas: Física, Química y Biología). Llegando la energía en la concepción socioeconómica de la actualidad a constituirse como un producto de consumo de interés multidisciplinar (dentro de los parámetros utilizados por la tecnología). En seguida especificamos algunas razones socioeconómicas de la importancia de la generación de energía eléctrica para las necesidades actuales de la vida contemporánea, para atender a los medios de producción, locomoción y comunicación, entre otros sectores del mundo actual. Colocaba en la oportunidad para el grupo, que esta interacción exposición-programación en la clase, sería progresiva debiendo involucrar más de dos visitas hasta el final. Observaba para los alumnos que en la escuela cabría al profesor ir ampliando y madureciendo el dominio de este tema en estudio. Lo que debería ocurrir a partir del relacionamiento entre los conceptos y proposiciones que estaban siendo tratados durante la programación de la acción integrada escuela-exposición. Para eso existía la necesidad que los alumnos, se interesasen por las cuestiones exploradas en la exposición cuando colocadas en el aula. Añadimos que en esta acción conjunta iríamos hacer algo diferente al estudiar ciencia a partir de los experimentos, Lo que podría beneficiar en la comprensión de los asuntos programados.

Trabajaríamos también efectuando relaciones analógicas entre conceptos. Tomando como ejemplo, una comparación entre el efecto fotovoltaico de las células solares y el fenómeno de la fotosíntesis. Entre otras relaciones analógicas efectuadas sobre las transformaciones de energía constantes en el recorte. Las comparaciones efectuadas estaban contenidas en las estrategias didácticas que deberían auxiliar la conceptualización y la solución de problemas de la programación. Colocamos que sería importante que, en la formación de ellos (alumnos), y que despertaran actitudes que los lleven a desarrollar una capacidad en técnicas, procedimientos y conocimientos para analizar y solucionar un problema. Desarrollar también, una capacidad crítica para analizar e interpretar para tener una comprensión lógica de los problemas diarios que nos afligen. Colocaba que el sentido de la educación actual es el de desarrollar una ciudadanía más consciente. La explicación de los aspectos relativos a la energía y sobre la cooperación que estábamos desarrollando en la asignatura nos llevó prácticamente el tiempo de media clase. Fue cuando el profesor direccionó las actividades para reforzar los procedimientos que deberían efectuarse en la construcción de mapas conceptuales.

En otra oportunidad debido a las dificultades que los alumnos aún venían encontrando con relación a la elaboración de los mapas conceptuales, volvimos a la escuela

para desarrollar una actividad en conjunto con el profesor en el auxilio en la construcción de mapas. Partimos entonces para una tarea donde efectuamos con el profesor una mediación para que los alumnos desenvuelvan la construcción de un mapa de energía. Nuestro objetivo fue el de buscar que el alumno superé la falta de iniciativa y aptitud, debido a la falta de preparación mostrada por la mayoría de los elementos del grupo con relación a la construcción del primer mapa. Observamos durante la realización de esta tarea que, buena parte de los alumnos aún no se sentían seguros. Existiendo, mientras tanto, algunos elementos del grupo, que ya demostraban la iniciativa propia, de partir independientemente para esta construcción. Delante de la dificultad utilizamos una construcción negociada bajo la mediación del profesor y del especialista. Solicitamos que colocasen los procedimientos de la técnica en práctica, listando inicialmente los conceptos relevantes que serían utilizados, buscando una convergencia en el grupo para un número de ocho a diez conceptos. Algunos alumnos mostraban no saber definir por cuenta propia que conceptos tendrían que usar; fue cuando desarrollamos una lista negociada con todo el grupo. Paralelamente cuando citamos de cada uno de los conceptos envueltos solicitamos de ellos que expresen los significados de los mismos, la importancia en el campo de estudio, y su relación con otros conceptos. En este procedimiento envolvíamos las transformaciones y las transmisiones de energía que constaban en la programación.

Tuvimos, por ejemplo, la necesidad de buscar, la interpretación de ellos para los conceptos más citados en la negociación. Y por esa razón buscamos argumentar con algunos alumnos sobre ¿Qué es energía? Con algunos alumnos posicionándose dentro de la conceptualización científica tradicional que consta en la mayoría de los libros de texto u omitiéndose inicialmente, conforme este relato: *“es la capacidad de un cuerpo realizar trabajo; no lo sé... (bajo nuestra intervención)... es la capacidad del cuerpo realizar trabajo*; otras veces se posicionaban próximo a la conceptualización tradicional científica, colocando que: *es la capacidad de un cuerpo realizar movimiento o trabajo; es la capacidad de un cuerpo en moverse...;* y como última definición registrada: *esa fuerza capaz de realizar movimiento y trabajo*. Y aún, otros alumnos escogidos buscaban dar una interpretación personal propia, que no se encontraban en los manuales de enseñanza, pero que pasaban la idea utilitaria como un producto de consumo, como un concepto técnico-científico, segundo listados en esta secuencia: *es algo que se encuentra relacionado a la tecnología que utilizamos y sin ella no conseguimos efectuar nada; la energía es algo útil que cuando la oferta disminuye para nosotros, sin ella, no nos sentimos capaces de hacer*

*nada; puede ser útil para nosotros porque nos calienta, porque ella mueve el cuerpo humano y puede ser sacada de movimientos intensos como en el movimiento del aire.*

En la secuencia volvimos a la confección negociada del mapa, decidiendo cual es el primer concepto en la jerarquía. Para algunos alumnos inicialmente el concepto de trabajo se mostraba como lo más general y relevante en la jerarquía. Mientras que para otros, el concepto de energía mecánica sería lo que ocuparía o puesto más alto en la jerarquía. Pero en el diálogo bajo nuestra mediación percibieron que antes de colocar la energía mecánica o el trabajo como conceptos que se encontrarían en la cumbre de la jerarquía, deberían colocar el concepto energía como lo más general. Por incluir todas las formas de energía y también relacionar al trabajo. Buscamos observar para ellos que, tuviesen la comprensión que, el concepto que tenían de trabajo tenía que estar relacionado a todo tipo de transformación de energía que concibiesen. Como por ejemplo, en el efecto fotovoltaico y en el efecto electroquímico, necesitamos atribuir a la existencia de trabajo. En nuestra comprensión, las dudas que iban surgiendo de los alumnos, eran naturales para ese nivel de escolaridad (novena serie de la enseñanza primaria). Los alumnos mostraban que los conceptos desarrollados sobre este tema, aún se encontraban poco elaborados y poco consistentes. Faltaban aún importantes elementos para la elaboración de un mapa conceptual adecuado sobre el asunto.

Verificábamos que, hasta el final de la clase, inclusive orientando y coordinando las acciones individuales y en grupo, que no daba para negociar la elaboración de un mapa satisfactorio entre la mayoría de los alumnos. En el aspecto general que envolvía la energía, en sus diferentes formas; en las transformaciones asociada al trabajo; en la energía mecánica ramificada para la energía cinética (concepto que los alumnos mostraban dominar), y para la energía potencial (que también era de dominio); Algunos alumnos en razón del concepto más formal de trabajo buscaban también colocar en el mapa el concepto de fuerza (para lo cual no había el consenso de todos los elementos del grupo, cuanto a la relevancia de este concepto en este mapa). Mientras tanto evitamos en este momento de negociación discusiones sobre este punto, una vez que, podríamos orientarlos en un sentido o en el otro, hasta porque el concepto de trabajo incorporaba el concepto de fuerza. Los alumnos también procedían con la citación de diferentes formas de energía de manera desarticulada. Cuando propusieron colocar la energía mecánica, a la energía sonora, la energía eléctrica, y la energía luminosa en un mismo nivel jerárquico. Daba la impresión que la mayoría de los alumnos aún no conseguían desarrollar adecuadamente la

estructuración de los conceptos en el mapa. En verdad, el grado de madurez de los alumnos, en esta fase inicial de la programación, no era lo suficiente para que puedan establecer relaciones más específicas como la que ocurre, por ejemplo, entre energía sonora y la energía mecánica.

Aquí vale un comentario que, después de esta actividad en la escuela, observábamos para el profesor que, después de esta etapa de la programación inicial, deberíamos invertir más en el tratamiento de cuestiones específicas. Como en el caso de las diferentes denominaciones utilizadas para tratar de diferentes formas de energía. Que en el fondo se van a reducir en una misma naturaleza de energía. Colocaba para el profesor que, para efecto de utilidad en la tecnología cotidiana, la energía sonora desempeña un importante papel, pero, no hace parte de los conceptos más relevantes de nuestro recorte. A pesar de encontrarse contemplada en el accionamiento de algunos circuitos utilizados apenas para ilustrar la función de los generadores de energía eléctrica en las transformaciones de energía. A nuestro ver, esta es otra dificultad traída de la enseñanza tradicional, en hacer referencia a las diferentes formas de energía sin tratar de algunas cuestiones específicas de las mismas, como hacer referencia a su naturaleza. Por ejemplo, cuando se hace mención a la energía eléctrica, muchas veces, no se deja claro que se trata de una energía del tipo potencial de naturaleza eléctrica (un tipo característico de energía que presenta el mismo concepto de la energía potencial de naturaleza gravitacional, aún teniendo orígenes diferentes). De la misma forma, muchas veces, no es pasado para el alumno que, la energía química de conexión, entre los elementos químicos para formar moléculas o agregados mayores de materia, es de naturaleza eléctrica (energía potencial eléctrica de conexión). Aprovechamos la oportunidad para observar al profesor que estas conexiones conceptuales eran efectuadas en el cuaderno temático y deberían ser trabajadas con los alumnos. Los alumnos necesitaban percibir que, el libro entre otros escritos sobre energía tenía utilidad en la programación en el aula. Siendo importante la lectura de material bibliográfico presentado para fundamentar la programación en la escuela. Por su vez, este contacto mayor con la lectura científica sobre el asunto podría llevar a un conocimiento más detallado del alumno sobre los conceptos más relevantes y sobre el relacionamiento de los mismos. Lo que podría llevar a una mejor estructuración del mapa, en sus aspectos más generales e inclusivos y en sus especificidades.

Volviendo a tratar de la actividad en el aula, en la continuidad de la elaboración del mapa presenciábamos que había muchas discusiones simultáneas entre los grupos formados.

Ya habíamos orientado para que trabajen procediendo en la elección de conceptos atribuyendo sus significados y verificando su importancia en relación a otros conceptos para que puedan establecer una jerarquía y una ordenación en la organización de los conceptos en el mapa. Los alumnos bajo la mediación del profesor y del especialista iban mostrando que ya ejercían cierto dominio sobre algunos conceptos, que venían siendo trabajados en esta fase de preparación. Como ocurría en relación a la energía mecánica con el trabajo mecánico y en la relación entre la energía cinética y la energía potencial. Sin embargo en otras relaciones más específicas y más complejas (como el de la energía cinética con la energía térmica), los alumnos demostraban que aún no estaban preparados para establecer un relacionamiento más adecuado. En este momento fuimos observados por el profesor que el tiempo disponible para esta tarea había acabado (estábamos en el intervalo). Como una grande parte de los alumnos aún se encontraba al inicio del esbozo del mapa, el mismo debería ser concluido por cada uno en casa o en otra oportunidad con el profesor y con los compañeros en la clase.

Como programación inicial que venía siendo trabajada en la escuela iría hasta antes de la segunda visita, las cuestiones más específicas relativas a los experimentos serían discutidas más tarde. Inclusive con los alumnos no habiendo concluido el mapa, sentimos que despertamos para iniciativas de construcción, una vez que, su esbozo por completo iría depender de un dominio más amplio conceptual sobre el tema en el transcurso de la programación. Por su vez, en sus sucesivas elaboraciones, este mapa debería estar siendo, cada vez más, influenciado por el recorte efectuado en la programación. En la elaboración del segundo mapa sabríamos sobre los resultados alcanzados en la perspectiva de dominio de esta técnica.

### **6.2.7 Actividades del profesor en el aula después de la primera visita.**

En las clases siguientes de la primera visita pasamos a acompañar al profesor y la manera con que iba a dar continuidad a la programación. Observamos que en la primera clase el profesor hizo mención a la transformación de la energía mecánica en energía cuando trató de la generación de las usinas hidroeléctricas. El profesor inicia colocando para los alumnos que iba a tratar de como se transforma energía mecánica en energía eléctrica. Colocamos para los alumnos la pregunta: *¿dónde acontece esto?* Los alumnos responden que el fenómeno ocurre: *en la hidroeléctrica*.

Observamos que en este período de inicio de clase el profesor tiene alguna dificultad en retener la atención de los alumnos y busca advertir sobre la falta de atención a su habla, con la amenaza para los alumnos afirmando que, aquel comportamiento iría a reflejarse en la evaluación que sería efectuada referente a ese asunto. Los alumnos que mostraban una grande preocupación hacen silencio y cambian de comportamiento atendiendo a las colocaciones del profesor y haciendo preguntas envolviendo principalmente, la generación de electricidad acompañada en la primera visita. Mientras tanto en este inicio de clase observábamos que existían muchas intervenciones simultáneas y que las conversas paralelas dificultaban la exposición y el diálogo. El profesor tuvo que interferir con la amenaza que iría a punir junto a la administración para tener o controle sobre el diálogo que pretendía establecer con el grupo. Pasado este momento, consiguió reiniciar sus colocaciones sobre el tema a partir de un diagrama que establecía el proceso de generación en una hidroeléctrica. Inicialmente se busca ubicar algunos conceptos de naturaleza técnica contenido en la **estrategia 2**, como inherente a fuente de energía primaria y secundaria en la generación eléctrica. Considerando que en la hidroeléctrica la fuente primaria era la energía mecánica, donde inicialmente aparecía el proceso de transformación de la energía potencial gravitacional para energía cinética, para después en las palas del generador (de la mini-usina hidroeléctrica de la exposición), ser efectuada la transformación de la energía cinética en energía eléctrica. Era colocado que en este proceso ni toda energía cinética se transformaba en eléctrica y que en esta composición la energía utilizada antes era igual a la composición de las energías existentes después. En seguida trató de efectuar una analogía mostrando las diferencias y similitudes entre la generación eólica y la hidroeléctrica.

Después se refirió brevemente a la ley de Faraday para caracterizar la transformación de energía mecánica en eléctrica por el movimiento del imán (variación de magnetismo) en las proximidades de la bobina y la ley de Lenz para justificar el efecto contrario y crear la dificultad de mantenerse el fenómeno (situándose en un abordaje más superficial de la **estrategia 3**). Mientras tanto el profesor no utilizó en este momento el término inducción una única vez, ni asoció en este momento los parámetros que provocan este fenómeno (no trabajó la idea de flujo de campo magnético, ni relacionó la necesidad de variación de este flujo para que ocurra el fenómeno de inducción). Como la idea de flujo pasa por la institución de la idea de campo, que se trata de uno de los conceptos más abstractos en la Física, quedo el procedimiento en cómo tratar ese asunto, en este momento,

en abierto. Hasta porque se trataba de alumnos de la enseñanza primaria y la programación inicial establecía un proceso de simplificación en el abordaje en las **estrategias 2 y 3**.

A partir de ahí el profesor, pasó a hablar de los circuitos eléctricos que eran alimentados por los generadores de la exposición. El profesor siente la necesidad de referirse a corriente eléctrica generada. Pero, en lugar de tratar de la corriente en su aspecto más general, siente la necesidad de tratar de un aspecto específico relacionado al tratamiento de materiales conductores. Cuando pasa a hablar en el concepto de corriente eléctrica tratando de la migración de electrones entre átomos vecinos (un posicionamiento que consideramos en parte desnecesario al recorte de nuestra programación). Busca hacer una referencia sintética a la conductividad por electrones en la red atómica de un metal. Donde busca tratar de la conexión de los electrones en el átomo, si fuertemente conectados o si débilmente conectados. Un alumno desafía al colocar: *¿se trata de electrones débiles?* El profesor responde: *no, son denominados de electrones libres* (dejando subentendido que estaba tratando de las posibilidades de la conexión de los electrones en sus niveles de energía si es fuerte o débil). El profesor buscaba justificar que una conexión débil justifica que los electrones son libres para migrar en la red atómica. El profesor dando continuidad caracteriza la corriente como: *un movimiento ordenado de electrones libres de átomo a átomo en cierto sentido... el electrón cuando migra de un átomo para el otro colide y encuentra una resistencia que genera calentamiento... por esta razón las personas sometidas a la corriente eléctrica al levar un choque, pueden morir carbonizadas... la energía eléctrica es capaz de quemar.*

El profesor tuvo de recorrer simplificando al modelo atómico de conductividad en los metales y al propio concepto de átomo en este momento (como ya nos referimos inadecuadamente). El profesor, a nuestro ver, en este momento, podría haber caracterizado el modelo de corriente en metales de una manera aún más simplificada, refiriéndose apenas migración de electrones libres como electrones de conducción, cuando el medio es sometido a la energía potencial eléctrica, la cual asociamos una diferencia de potencial eléctrico. Estaría evitando en esta instancia de enseñanza un modelo de conductividad presentado, delante de la poca disponibilidad de tiempo que teníamos. Para este nivel de escolaridad, los libros de texto cuando se refieren a la corriente en hilos conductores acostumbran tratar la ocurrencia del fenómeno por la razón entre carga eléctrica y el tiempo, sin entrar en pormenores.

Delante del rumbo tomado por el profesor en el abordaje de corriente, los alumnos comenzaban a intervenir mostrando dificultad en la comprensión de este concepto. Cuando el profesor, delante de la dificultad pasa a conceptualizar de la manera que nos referimos a partir de la definición. Cuando un alumno ven argumentar preguntando: *¿Qué es lo que ocurre cuando hay pasaje de electricidad por el hilo?* (no quedando claro sobre lo que el alumno quiere referirse: si lo que causa la corriente eléctrica en el interior del hilo, o si lo que causa un hilo con corriente en su volta). El profesor sin percibir, en aquel momento, que la pregunta no estaba clara, interpreta la cuestión por la segunda opción, y de ahí se refiere a que la corriente genera la producción de un campo magnético en torno del hilo (algo que tendría que ser colocado más al frente, probablemente en una aula subsecuente). Considerando que el concepto de corriente eléctrica se encontraba “establecido” el profesor pasa a hablar de la producción de magnetismo. Cuando resuelve también hacer referencia al magnetismo de la Tierra refiriéndose que su origen se encuentra en la región del magma en el interior de la Tierra. En la secuencia trata de la existencia de la producción en el espacio de un campo magnético que va a orientar la aguja de una brújula en la dirección norte-sur magnética.

Y después ya asocia que existe un campo magnético producido por la Tierra. Argumenta que, este campo magnético, tiene relación con la brújula que es utilizada para saber si la orientación del campo magnético de la Tierra. A nuestro ver en este momento el profesor se alejaba, cada vez más, desnecesariamente, de nuestro enfoque inicial, que era el de efectuar un abordaje simplificado para tratar de las características de los generadores de energía eléctrica cuando hay alimentación del funcionamiento de los circuitos. Era natural que para eso el alumno necesitara tener algunos conceptos como el de corriente, el de resistencia eléctrica, o el de diferencia de potencial y el de potencia eléctrica, en esta conexión que necesitaría ser hecha en la escuela entre los generadores y el funcionamiento de los circuitos. Pero, el profesor no demostró la habilidad necesaria para concentrarse inicialmente en este enfoque para después proseguir en la programación. Lo que, a nuestro ver, desvió la atención del alumno para la comprensión de asuntos que no necesitaban constar en esta ocasión en su programación. Existió un distanciamiento de nuestro recorte, a punto de llegar al funcionamiento de la brújula y tener aún de relacionar el magnetismo de la Tierra. El profesor, cuando retomó su secuencia no vuelve más a caracterizar la corriente y el circuito.

Retorna al abordaje de la corriente eléctrica en el hilo para caracterizar que la generación de electricidad produce un campo magnético a su vuelta (magnetismo). De ahí propone el fenómeno de inducción magnética como un pensamiento inverso. Para que los alumnos percibiesen el argumento racional de la posibilidad de utilizar el campo magnético para producir corriente eléctrica. El profesor busca ilustrar el fenómeno en el aula utilizando un imán y una pequeña bobina encendida a un galvanómetro y mostrar el fenómeno (procediendo de la misma forma como había sido efectuado en la visita a la exposición). Con el movimiento del imán en las proximidades de la bobina el profesor conseguía mostrar a través de un galvanómetro (un micro-amperímetro de cero central) la corriente eléctrica alternada generada por el sistema imán-bobina (caracterizando para los alumnos ser este el principio de funcionamiento del generador por inducción magnética). El profesor a partir de ahí, con intención de trabajar la proposición de la ley de Lenz, busca asociar la necesidad de la energía cinética del movimiento del agua en la hidroeléctrica para realizar el trabajo mecánico necesario para mover el imán en el generador. El profesor ahí justificaba que, con la corriente, la bobina ganaba propiedad magnética pasando a tener dos polos magnéticos; y justificaba que en una interacción magnética entre el imán y la bobina, polos iguales próximos se repelen y polos diferentes se atraen.

Los alumnos en el momento de la demostración experimental del profesor se comportaban de forma bastante relajada y buscaban apreciar el fenómeno mostrado en forma de broma, explicitando el hecho como una sorpresa! Una reacción que también nos causó sorpresa porque ya habían visto el fenómeno de inducción magnética en la bobina, durante la primera visita a la exposición, de diferentes maneras. El hecho de haber planeado que el fenómeno sea de nuevo mostrado experimentalmente en el aula se debe a su naturaleza teórica abstracta; y la facilidad de su demostración en clase visando buscar “concretizar” más el fenómeno. El tratamiento del asunto apenas teóricamente se volvería muy aburrido para este nivel de escolaridad (pasando la idea de flujo de campo y de su variación, con la aproximación o el alejamiento, entre el imán y el núcleo de la bobina). Apenas con el diseño de un diagrama en la pizarra que diseñen las líneas de campo sobre el área frontal del núcleo de la bobina, en este caso el fenómeno se volvería muy abstracto.

Así teóricamente el profesor llega a referirse para esa serie de enseñanza, al fenómeno de inducción, por la variación de la intensidad del campo magnético sobre el área de la bobina al aproximar o alejar el imán (dentro de lo que habíamos discutido en nuestras reuniones de posibilidades y dificultades en abordar este fenómeno, donde dejamos a criterio del profesor

utilizar o no el concepto de campo). Mientras tanto observamos que el profesor buscó mostrar el fenómeno olvidándose de usar la terminología científica contenida en la ley de Faraday, que justifica el hecho de la producción de una fuerza electromotriz inducida en razón de la variación de flujo de campo magnético sobre el área frontal de las espiras en la bobina en función del tiempo. Creemos que el profesor, por saber de la importancia de los generadores por inducción electromagnética en nuestra programación, optó en el aula por el abordaje colocando la idea de campo para traer el alumno para una comprensión más amplia de la ley de Faraday.

Un hecho importante que estuvimos acompañando en esta aula fue que, el profesor en ningún momento efectuó una relación más efectiva del fenómeno de inducción trabajado en esta aula con los demás experimentos envolviendo la generación por inducción que fue mostrada durante la primera visita. En nuestra propuesta de acción integrada al programa de la asignatura de la escuela, existía la intención que esta asociación siempre que posible sea efectuada para promover cuestiones y problemas en relación a los experimentos que llevarían al desarrollo de actitudes y procedimientos.

Posteriormente en nuestras reuniones de trabajo de coordinación de las actividades con el profesor, comentamos sobre lo que había ocurrido en esta primera aula de pros y contras cuyo objetivo era tratar de la ley de Faraday (**estrategia 2 y 3**). Alertamos para los abordajes desnecesarios, cuanto al hecho de que en aquel momento haber iniciado el tratamiento de la corriente extendiéndose desnecesariamente a un modelo de conductividad eléctrica y aún haber llegado a tratar del magnetismo de la Tierra. Alertamos para el hecho que, en el tiempo de aula que tenía disponible en la asignatura tendría que retenerse al recorte de la programación. El profesor justificó que este hecho ocurrió en contingencia de las dudas que iban surgiendo en el transcurso del aula. Aún se refirió que existían aulas donde trató específicamente del funcionamiento de circuitos, con más detalles de lo que había sido trabajado en la exposición, e hizo asociaciones relativas a la potencia del fornecimiento de energía de los generadores. De cualquier forma, estamos registrando estos acontecimientos, en razón a dudas que iban surgiendo sobre el procedimiento del profesor en algunas aulas acompañadas. Teníamos que buscar armonizar la programación escolar con la propuesta del Centros de Ciencias.

Cuanto a la posibilidad de describir el fenómeno de inducción por la variación de flujo, a partir del momento que el profesor decidió introducir la idea de campo este debería ser el camino en la continuidad de las aulas. Una vez que, para ese nivel de escolaridad, en

la utilización de la **estrategia 3** en este segundo estudio, flexibilizábamos para que pueda ser dado un tratamiento conceptual más simplificado. Los alumnos habían acompañado la descripción simplificada de este fenómeno por el especialista durante la primera visita, que había buscado evitar entrar en detalles y especificidades. Hasta porque, un propósito mayor de ampliación de la elaboración conceptual se encajaba mejor en la programación escolar y en las demás visitas que irían a ocurrir. La disponibilidad de tiempo que ofrece a la acción escolar, en contraste con el tiempo dedicado a la visita, justifica los encargos y responsabilidades de cada una de las instancias envueltas.

Pero, la acción del profesor en las clases subsecuentes mostraba sus límites, no que conseguiría emprender en la programación. Por ejemplo, cuando el profesor se refirió a la entidad del campo para generar la inducción magnética, él asumía compromisos en referirse a la idea de flujo de campo, y consecuentemente a la variación de este flujo para introducir el concepto de fuerza electromotriz inducida. Y de ahí caracterizar la generación de electricidad en la bobina en circuito cerrado. Este tópico en sí, tendría que exigir una clase entera. Una disponibilidad de tiempo que el profesor mostraba no tener en la asignatura, para dedicarse a tantos detalles y especificidades de la programación.

Aún con relación a las clases subsecuentes continuó faltando referirse a la ley de Faraday y la ley de Lenz en una perspectiva técnico-científica más ampliada. Que quede caracterizada la necesidad de la transformación energética asociada a la necesidad de realización de trabajo; y aún envuelva la eficiencia con que ocurre el proceso de transformación. Teniendo el cuidado de que al mismo tiempo, preocuparse con la ley de conservación de la energía y con la ley que rige la eficiencia y el sentido que ocurre este proceso de transformación de energía (un abordaje subyacente y que consta en las **estrategias 2 y 3**). Faltó así, una descripción más ampliada con relación a las ideas más generales e inclusivas de la programación. El abordaje teórico del profesor del asunto no conseguía desprenderse debidamente de la enseñanza tradicional. A pesar de las necesidades del establecimiento de formas de abordaje diferenciadas de la presentación tradicional, que veníamos constantemente discutiendo en nuestras reuniones de trabajo, el profesor no las utilizó debidamente en su programación. Así queda una primera impresión de que el profesor no se preparó debidamente para trabajar utilizando un abordaje con características técnico-científica de la acción conjunta.

Cuanto a la observación que efectuamos de como los alumnos acompañaban las clases interviniendo en las colocaciones del profesor, notamos que la mayoría de ellos no

acostumbran en contribuir con colocaciones o en sacar dudas (hacen pocas preguntas). Creemos que muchos alumnos pueden hasta demostrar interés por lo que está siendo colocado. Pero no estaban acostumbrados a hacer preguntas cuestionando lo que era mostrado. El profesor que había acompañado la visita no articulaba acciones definidas sobre lo que vieron en la exposición con lo que estaba abordando. Quién sabe si con la asociación vista en la exposición, no podría despertar para una mayor curiosidad y atención dedicada a sus colocaciones. Algunos alumnos además de jugar un poco durante el momento de la clase, también se mantenían en conversas paralelas entre sí. Que parecía no estar relacionada a lo que el profesor estaba tratando. Por lo que pudimos percibir en las grabaciones efectuadas, el profesor no colocaba sistemáticamente los alumnos en cuestionamientos, durante su exposición. No fueron así provocadas muchas iniciativas al diálogo ni efectuadas las conexiones explícitas con los experimentos de la exposición.

A nuestro ver, el profesor debería haberse preparado mejor para establecer una metodología de enseñanza más interactiva con los alumnos. Recorriendo un camino más definido en auxilio al desarrollo de procedimientos y actitudes que posibiliten las potencialidades cognitivas para asimilación del hecho nuevo que iba siendo colocado.

### **6.2.8 Segunda visita a la exposición experimental.**

Después de la primera visita había la necesidad de un trabajo más efectivo en relación a las especificidades de lo que había sido más destacado. Lo que se dio entre las formas de generación de energía eléctrica para el consumo, y principalmente en relación al fenómeno de inducción. En la primera visita se hizo poca referencia a las nociones de temperatura y calor, que se encontraban en la transmisión de calor de los calentadores solares. Mientras tanto, el profesor en la clase, ya había tratado con nociones de transmisión de calor para la disponibilidad de algunos conceptos para los alumnos en la preparación para la primera visita. Pero, en esa visita fue apenas mostrado funcionamiento de la cocina solar en el sistema de calentamiento de agua (calentadores foto-térmicos). Como en aquel momento, sólo fue efectuada una apreciación superficial, la segunda visita fue iniciada en el patio externo por los sistemas de calentamiento solar. Momento en que trabajamos **el experimento 8 de la clase de situaciones 2**. Mostramos el funcionamiento de tres sistemas (la cocina solar, la estufa y el calentamiento de agua). En la cocina solar experimentaron los efectos de la radiación solar en la región focal, para donde convergían los rayos solares

captados, promoviendo una intensa concentración de energía utilizada para calentar los medios materiales allí expuestos. Los alumnos además de observar el calentamiento de agua producido por la cocina experimentaban los efectos en la concentración de la energía solar cuando colocaban la mano rápidamente en la región del experimento. En este momento, lo que era sentido por los alumnos provocaba la necesidad de conocer sobre la transmisión de calor por irradiación.

Hicimos que todos experimenten los efectos para sentir el contraste entre la radiación solar directa y el calor transmitido en el foco de la cocina del sistema de calentamiento. En este período de comprobación del funcionamiento de la cocina, llega un momento que pasa ligeramente una nube y el alumno en contacto con el sistema observa que: *resfrió* (alertamos para que observe el pasaje de la nube). Los alumnos polemizaban mucho sobre cuestiones del tipo: *si era sólo la energía que llega* (al área de captación de la cocina) *que va para el enfoque*. Tuvimos que ponderar que, a pesar de la existencia de incidencia de cierta cantidad de radiación térmica difusa indirecta que también nos afecta, el mayor efecto en la transmisión de calor sentido en el foco viene de la concentración de los rayos de luz reflejados en el área de captación espejada del sistema. Los alumnos participaban de forma relajada, efectuando bromas y observaciones como: *la de ya estar muy bronceado* (por estar a algún tiempo expuesto con la mano encima de la cocina, en la región del foco). Los alumnos mostraban la comprensión para el hecho de que la concentración de la energía luminosa ocurría solamente por la luz que llega directamente del área frontal del sistema.

En seguida procurábamos argumentar y llamar la atención para los procesos de transmisión de calor que estaban ocurriendo. Donde los alumnos mostraron tener una comprensión de la secuencia: *primero por irradiación...* seguido de: *conducción*, y después llegando al agua contenida en el recipiente, respondían que el calentamiento ocurría: *por convección* (pero, mostraban en aquel momento, la dificultad en justificar las corrientes convectivas). Argumentábamos de ahí que, las corrientes convectivas de movimiento del agua ocurrían en función de la variación de la densidad del agua. Colocábamos que, la energía concentrada en el enfoque era transmitida de la parte externa del recipiente para la parte interna por conducción de calor del recipiente. Calentando el agua próxima a la superficie interna del recipiente, habría transmisión de calor por convección en el agua que uniformizaba su temperatura en busca de equilibrio térmico. Los alumnos podrían notar que el agua inicialmente se mostraba más caliente (con temperatura mayor), en las

proximidades de la taza, que recibía calor por irradiación, de que en regiones más alejadas de su superficie (que presentaban una temperatura inicial menor). Estos detalles, pero, no eran percibidos con facilidad empíricamente. Lo que dificultaba la comprensión del fenómeno en aquel momento. También, en el momento de la exposición no existía tiempo hábil, para explorar los fenómenos conceptualmente en sus detalles. Por esta razón, compete a la escuela efectuar posteriormente una exploración teórica más detallada. Hasta con el sentido de que en la visita siguiente, ese detalle puede ser vivido experimentalmente. También la dinámica que necesita ser impuesta al análisis de los fenómenos, en el momento de la exposición, normalmente, no permite evaluar sobre la existencia de los conocimientos previos necesarios.

Por ejemplo, en la **estrategia 6** utilizada para describir el funcionamiento de los sistemas de calentamiento solar, para las especificidades de la cocina, era necesario tener como base: la comprensión de las leyes de reflexión para justificar la convergencia de los rayos solares para el foco; la transmisión de calor por irradiación en el cuerpo negro (superficie externa de la taza); la taza de metal como un buen conductor de calor; y aún cuanto al hecho de que en los fluidos la conducción de calor ser predominantemente por convección. Los argumentos teóricos fueron aquí colocados para mostrar en que constituye una base conceptual detallada de conocimientos necesarios para ser utilizados y enfrentar una cuestión experimental en sus diferentes especificidades.

Nuestra intención era que la acción integrada en la sucesión de visitas intercaladas con o trabajo en el aula se puede ir formando en la mente de los alumnos subsunores adecuados. Para que en la sucesión de las visitas se puede dar una atribución de significados científicos más amplios en relación a los fenómenos mostrados. Así durante la acción integrada, delante de las dificultades de los alumnos, algo necesitaba ser hecho para promover la evolución conceptual del alumno relativa al contenido de la programación. Progresivamente, en la actuación del profesor en el aula, y con el auxilio del especialista al retorno a la exposición, los fundamentos de lo que estaba siendo mostrado necesitaba ir siendo sedimentado y ampliado en su comprensión. Teníamos que propiciar un conocimiento con significados y cuidar para que los alumnos no incorporen las ideas por el aprendizaje mecánico (como por ejemplo, que el calor transmitido por el Sol ocurre por: irradiación, conducción y convección sin la incorporación de significados en cada forma de transmisión). La acción integrada era un emprendimiento que tenía la finalidad de ver lo que era posible hacer para mejorar la eficacia de lo que tenemos en la exposición como

propuesta educacional. Y al mismo tiempo, ofrecer más subsidios para mejorar el trabajo desarrollado en la escuela.

En seguida nos dirigimos para la casa ecológica con los alumnos, donde efectuamos el siguiente cuestionamiento inicial: ¿Qué es una casa ecológica? Un alumno respondió: *trabaja con material natural*. Y ahí, preguntamos: ¿Qué es un material natural? El alumno responde sin causar polémica en el grupo: *lo que perjudica menos la naturaleza*. A pesar de nuestro recorte frente al contenido de la casa, se encuentra restringido a la alternativa de generación de energía eléctrica en la casa y al sistema foto-térmico de calentamiento de agua para baño, frente al interés de los alumnos, volvimos a preguntar: ¿Porqué la casa es ecológica? Otro alumno respondió: *porque es hecha de bambú*. No satisfecho con el reduccionismo de naturaleza ecológica de la casa atribuida apenas a la utilización del bambú, preguntó: ¿que se está economizando al usar el bambú? Otro alumno responde: *el bambú crece más rápido que otros árboles, por eso perjudica menos*. Estas tres respuestas presentadas individualmente por alumnos diferentes mostraron tener adhesión de todo el grupo ahí presente, no siendo contestado en el momento en la que colocábamos, el grupo estaba de acuerdo con el argumento colocado en la respuesta.

En la secuencia preguntamos: ¿Cuál es el parámetro más importante de análisis para medir el impacto ambiental causado por la construcción de la casa? Con alguna negociación con el especialista de la exposición frente a la tecnología utilizada en la producción del ladrillo y cerámica del piso usado en la casa, en comparación con los materiales utilizados en la casa convencional, además de explorar la referencia que habían hecho para el bambú en comparación con la utilización de las maderas de árboles mayores; los alumnos en el diálogo con el especialista, llegaron a la conclusión, y en la que uno de los alumnos respondiendo que, este parámetro sería: *la energía*. El interés y curiosidad mostrada en el análisis de los materiales utilizados en la construcción de la casa fue importante para consolidar aún más la relevancia de la energía como un concepto más amplio (a pesar de la restricción y preocupación que teníamos en enfatizar los hechos relativos al recorte).

Volvimos a partir de ahí, a situarnos en la casa ecológica dentro de asuntos constantes de nuestra programación. Donde pasamos a abordar la transmisión de calor por energía solar, para mejor situar al alumno dentro de una misma clase de situaciones que habíamos iniciado y estábamos explorando conceptualmente por la **estrategia 6**. Pasamos de ahí a explorar junto a los alumnos el sistema de calentamiento de agua por el colector solar. El sistema se encontraba dispuesto en el tejado de la casa ecológica y fue observado

apenas visualmente. Mientras que en la parte interna de la casa, en las instalaciones sanitarias, se experimentaba con las manos la ducha con agua caliente, momento que se busca medir con el termómetro la temperatura del agua caliente para ser comparada con la temperatura del agua natural. Un detalle importante fue visualizar que el colector solar contenía una cobertura de vidrio (para generar el efecto invernadero), del mismo modo que los demás sistemas de calentamiento solar dispuesto en nuestro patio que utilizaban el efecto invernadero. Otro detalle que llamamos la atención fue que, ese colector se encontraba en un nivel abajo del nivel de la disposición del reservatorio de agua caliente (boiler). Observábamos para el hecho, pero no tuvimos un retorno (una pregunta) el por qué ocurría esto. Situamos que aquella disposición era para ocasionar corrientes convectivas de circulación entre el agua fría que bajaba por un lado y agua caliente que subía por el otro, en el sistema. Un alumno colocando duda cuestionaba: *¿corrientes convectivas?* (pasando la idea de no conocer el significado debido al lenguaje colocado o en razón de que en aquel momento no haber entendido la información del contenido del colector con lo que ya había estudiado en la escuela sobre la transmisión de calor).

Por las dificultades que iban siendo mostradas delante de los experimentos, contábamos con el hecho que, en la continuidad de la programación en la escuela, las dudas e interrogaciones que quedaron en abierto sean retomadas por el profesor. Que por acompañar nuestra argumentación frente a los experimentos y observar comportamiento y actitudes del grupo de alumnos debería en el aula negociar su comprensión.

Nuestra evaluación sobre esa visita a la casa ecológica es la de que, los alumnos mostraron más interés y conocimiento en asuntos complementares a nuestra programación. Que envolvía los recursos materiales utilizados en la construcción, relativos a los bloques utilizados, al material utilizado en las puertas, ventanas, muebles, piso, forración. En la cuestión del racionamiento del agua potable con el aprovechamiento del agua de la lluvia, en la generación de biogás (gas natural) en el biodigestor en sustitución al GLP derivado del petróleo. Para atender los diferentes intereses y curiosidades individuales que aprecian en lo colectivo del grupo en la secuencia de la exposición éramos obligados a responder: *¿Qué es esto, aquí? ¿Para qué sirve? ¿Cómo funciona?* (todo lo que envolvía situaciones nuevas que aún no habían sido mostradas y se encontraban fuera de nuestra programación). Todos estos aspectos complementares, importantes a la comprensión del significado de una casa ecológica, aún fuera de nuestro recorte, por el interés despertados en los alumnos, tuvieron que ser abordados (dentro de nuestras limitaciones de tiempo de la visita). Pero,

utilizábamos como estrategia, siempre buscar hacerlo, utilizando como parámetro la energía. La energía como un parámetro técnico-científico importante para explorar cada vez más los recursos naturales para vivir en sociedad. El hecho es que para caracterizar la casa como ecológica, necesitábamos explorar aspectos bien más amplios que los de las ciencias naturales envueltas en el recorte sobre el tema. Como en el hecho de tener que envolver los aspectos políticos y socioeconómicos. Un lado del conocimiento relativo al tema que es más difundido en los medios de comunicación y que los alumnos en esta edad comienzan a mostrar fluencia y una mayor facilidad de adaptación, para efecto de discusión y comprensión de las cuestiones energéticas que nos afligen. Hecho que también ya había sido comprobado con los alumnos del tercer año de la enseñanza secundaria durante el primer estudio.

Como ya tuvimos la oportunidad de colocar el tema energía, es muy amplio y envuelve diferentes áreas de las ciencias. También consigue asociarse a diferentes puntos específicos de la tecnología para conseguir integrar diferentes contenidos. Un recorte de este tema colocado más ampliamente delante de nuestra exposición exigiría que sea efectuado un mayor control sobre las variables de estudio dentro de los fenómenos relacionados al tema. Lo que no quiere decir que, en algunos momentos importantes, en que tuvimos que acompañar las actitudes y procedimientos en la predisposición al aprendizaje, no íbamos a registrar y mantener un diálogo delante de las observaciones e intervenciones de los alumnos fuera del recorte, para señalar sobre las dificultades para con la Física y responder las preguntas.

En seguida pasamos a mostrar el sistema de generación y alimentación de energía eléctrica en la casa (generación eólica por inducción, generación por efecto fotovoltaico, las baterías acumuladoras de la carga generada, el sistema de amplificación y transformación para las especificaciones de la red eléctrica convencional). En este punto mostramos el funcionamiento sin la preocupación con los detalles, una vez que, el fenómeno sería explorado más interactivamente en la sala de energía. En la primera visita debido a las limitaciones en el tiempo, el contacto con la casa ecológica fue corto. Hubo así la necesidad que en esta visita exista una mayor interacción del alumno con la casa. En este momento los alumnos discutían nuestra presentación con las siguientes colocaciones: *¿Y cuando falta sol y viento? ¿Dónde adquirir estos sistemas para utilizar?* Respondemos brevemente, colocando para los alumnos que se trataban de dos fuentes de energía intermitente (buscando expresar el significado de este término en relación a la cualificación

de la fuente de energía primaria utilizada). Cuanto a la segunda indagación citamos la empresa local que trabajaba con la venta e instalación de estos equipamientos. Como observamos que los alumnos quedarían limitados en este asunto y este tipo de preguntas, el profesor del grupo nos alertó para el tiempo que aún teníamos para ver el resto de la exposición, no podíamos más nos explayar, en estos sistemas de generación de la casa. Hasta porque, tanto el generador eólico que funciona por inducción magnética, cuanto al generador fotovoltaico, serían explorados por las **estrategias 2, 3, y 4** cuando estuviésemos en la sala de energía.

Había en la sala de energía un contacto más próximo con la manipulación de los experimentos relativos a la generación de electricidad. Con esa mayor interactividad se podía colocar un circuito en funcionamiento con algunos componentes, que didácticamente permitían que efectuásemos algunas mediciones eléctricas de diferencia de potencial y de corriente eléctrica. Estas mediciones tenían un sentido cualitativo de buscar relacionar lo que era indicado en el instrumento con el fornecimiento de la energía primaria utilizada en la generación. Otras veces, para caracterizar la potencia o asociar a la cantidad de energía producida cuando accionábamos el funcionamiento en cada forma de generación. También era siempre asociada a la disponibilidad de la fuente de energía primaria en cada tipo de generación (mecánica: en la capacidad de realizar trabajo, y el movimiento del imán o el eje del generador más rápidamente para provocar la inducción magnética; química: por la capacidad de disponer las placas electrodos más inmersas o menos inmersas en una solución ácida de la pila; luminosa: por la intensidad de luz que dispusimos frontalmente en relación a la superficie de la célula fotovoltaica).

En la sala de energía teníamos la preocupación de explorar en más especificidades y en las diferentes formas de generación de energía eléctrica. Vale recordar que, durante la primera visita este sector de la exposición ya había sido el más explorado, una vez que es considerado como lo más importante dentro del recorte de la programación. Los alumnos en la sala buscan dividirse en grupos por los experimentos expuestos donde buscan interactuar con los mismos. Habíamos solicitado de los alumnos que sean relacionando los fenómenos a lo que ya habían visto en la programación escolar y colocando dudas frente a los mismos. El acompañamiento del grupo era efectuado por el especialista, por el profesor del grupo y por un monitor de la exposición. Este convivio era libre algunas veces y otras acompañado por el especialista, por el profesor o por el monitor, para propiciar una orientación y mantener un diálogo con los alumnos frente a los experimentos.

Después de este primer momento, el especialista asume el control del grupo para un abordaje programado de pasaje por los experimentos. Inicia la exposición de los experimentos buscando seguir el orden de la secuencia numérica de las estrategias. En el experimento del *loop* tratamos inicialmente del movimiento de oscilación de una esfera. Para saber hasta qué punto podría considerar o no, por aproximación, la existencia de conservación de la energía mecánica (utilizando la **estrategia 1**). Los alumnos inicialmente observan el fenómeno con la esfera en apenas un ciclo de oscilación y se posicionaban en favor de la conservación. Subsecuentemente cuando permitimos que la esfera quede en oscilación por más ciclos sucesivos, verificaron que había disipación. Mostrando tener cierto dominio de esta cuestión ya apreciada en la primera visita y fundamentada conceptualmente en la escuela. Cuando partimos para problematizar el experimento del movimiento en *loop*, colocando en funcionamiento, presentamos para ellos un componente nuevo cuestionando: ¿Podemos considerar en este sistema la conservación de la energía mecánica o tenemos que admitir que hay disipación? Los alumnos quedaron en duda y como tenían que se posicionar, una parte admitió la conservación mientras que otra quedó con la disipación. Para buscar un posicionamiento más definido de lo que podrían asumir en relación a esta cuestión tenían que inicialmente admitir que hubiese disipación. Pero, la misma podría ser considerada despreciable, por la pequeña distancia recorrida por la esfera en el *loop*. Y por aproximación podríamos considerar la conservación de la energía mecánica.

Vale aún complementar en el sentido de recordar que, estos alumnos, unos días antes de esta segunda visita, habían acabado de ser bien sucedidos en la respuesta al **cuestionario-1**, de conceptualización de conocimientos básicos. Habían acabado de mostrar cierto dominio del contenido en conceptos y proposiciones relacionados a la ley de conservación de la energía mecánica para problematizar las diferentes situaciones trabajadas. Fue posible notar que la transposición de los conocimientos básicos para la solución en el problema del *loop*, mostró surtir algún efecto favorable en el grupo. Pero, como veremos a seguir existían otros procedimientos y actitudes diferentes que necesitaban ser asociados a la nueva información que aún no se encontraban retenidos, para que consiguiésemos interpretar y describir el fenómeno correctamente. Los alumnos necesitaban, por ejemplo, interpretar en la **estrategia 1** que estaban siendo trabajados el significado de la energía mínima, el significado de la sobra de energía (que consistía en la diferencia entre la energía mecánica inicial y la energía mecánica mínima relativa al local donde la esfera era suelta para efectuar el *loop*). De forma que, nuevos procedimientos y

actitudes tuvieron que ser negociadas en el diálogo con el especialista para que tuviesen el dominio de esta situación. El profesor que conocía nuestras estrategias de abordaje sabía que en el momento de la visita podríamos apenas mostrar algunos aspectos de naturaleza general contenido en la programación y que una amplitud mayor tendría que ser dada en la escuela. Ya situamos algunas veces en esta narrativa y estamos reforzando que, en el corto intervalo de tiempo de la visita no da para efectuar un diálogo más permanente, para evaluar el nivel de comprensión de los alumnos en cada fenómeno. Las negociaciones efectuadas en el diálogo para la comprensión de algunas cuestiones deben ser consideradas apenas como un despertar para el significado de algunas ideas contenidas en los experimentos. No se puede alargar las cuestiones trabajadas para poder diversificar nuestra acción y cumplir la programación en la visita. Lo que conduce al compromiso de la continuidad en la escuela que promueva la adquisición de una madurez conceptual sobre el asunto.

En la negociación para la comprensión de la esfera en el *loop*, los alumnos demostraron tener una comprensión que el movimiento está condicionado a la dependencia de la disponibilidad de la energía mecánica inicial (una vez que mostramos experimentalmente ser función de la altura de donde la esfera iba a ser suelta). La continuidad de la estrategia también efectuaba una analogía de este problema con el problema de la caída de agua para la generación en la hidroeléctrica (**estrategia 2**). Los alumnos mostraron tener una comprensión que el *loop* era hecho inicialmente con sobra de energía mecánica y que al ir disminuyendo el “contenido energético” de la esfera, en función de la disminución de altura existía un punto de corte, la altura mínima, donde la esfera no disponía más de energía suficiente para efectuar el *loop*. Que por analogía con la generación en la hidroeléctrica caracterizábamos el fenómeno en el procesamiento del *loop*, como “apagón”. Con esa iniciativa programada de trabajar el proceso de asimilación por analogía, los alumnos mostraban que tenían la comprensión de los límites establecidos por las diferencias y similitudes entre estos dos fenómenos que procurábamos relacionar. El hecho de utilizar la bajada de la esfera para procesar el *loop* en la comprensión de la función de la caída de agua en la hidroeléctrica en el procesamiento de la electricidad, era una estrategia que venía funcionando en el sentido de unificar conceptos, constantes en los **experimentos 10, 1 y 3**.

Al efectuar esa integración entre contenidos en el momento de la visita a través de procedimientos estratégicos buscábamos auxiliar en el desarrollo de habilidades cognitivas para enfrentar la nueva información. En momentos de complejidades conceptuales,

notábamos que faltaban actitudes y potencialidades cognitivas para comprensión, un hecho caracterizado en la expresión facial mostrada por los alumnos. En estos momentos, sabíamos que podríamos aprovechar el interés de los mismos para que formulen representaciones, atendiendo al **principio de ser perceptores y representadores** de los hechos que viven. Para que recursivamente busquen elaborar una comprensión de los hechos colocados. La sistemática utilizada en las estrategias, efectuando analogía con un modelo desarrollado para una situación de comprensión más simple, era un procedimiento que podría ir efectuando una diferenciación progresiva y una reconciliación integrada. Hecho que ocurrió utilizando el **experimento 10** del *loop*, y la generación hidroeléctrica a partir del movimiento del agua en la maqueta de la hidroeléctrica (**experimento 1**). Para que, en seguida vuelva a acompañar el funcionamiento de la mini-hidroeléctrica (**experimento 3**), que trataba de la situación del funcionamiento de la “casa de fuerza” de una hidroeléctrica (descrito por la **estrategia 2**). Para finalizar el proceso en la hidroeléctrica mostrábamos el fenómeno de la inducción magnética: inicialmente con el imán en movimiento próximo o dispuesto en el interior del núcleo de la bobina (descrito por la **estrategia 3**).

Relativo al fenómeno de inducción también se buscó mostrar el efecto inverso en la bobina. Es decir, producir electricidad en la misma para obtener el magnetismo en una barra de fierro contenida en el núcleo de la bobina, un componente denominado de electroimán (**experimento 4** descrito por la **estrategia 3**). Que produjo un intenso magnetismo en las proximidades del electroimán, por que utilizamos una intensa corriente alternada ocasionada por la conexión directa de la bobina en la red eléctrica. Lo que, por su vez, invertía los papeles y promovía una inducción magnética variable en el núcleo de un solenoide, constituido de apenas seis espiras en circuito cerrado, que provocaba la generación de energía eléctrica en cantidad suficiente para encender una pequeña bombilla de 6,0 V-1,5 W ahí conectada (un procedimiento que hacía parte de la continuidad del **experimento 4** descrito por la **estrategia 2 y 3**).

Partimos después a accionar por manivela cinco sistemas de generación por inducción magnética, donde cada uno alimentaba un circuito con componentes diferenciados (utilizando diferentes derivaciones del **experimento 2**). La idea de alimentar los circuitos (utilizando componentes diferenciados) era de mostrar la necesidad de esfuerzo mayor o de trabajo adicional necesario en la generación relacionada a la cantidad de componentes y a la potencia de los mismos (utilizando aún la **estrategia 2 y 3**). Nuestra

preocupación en este momento era caracterizar en el fenómeno de inducción magnética el efecto contrario, relacionado a la ley de Lenz. Para mostrar en la continuidad que, cuanto mayor el número de componentes en el circuito, mayor tiene que ser el fornecimiento de potencia eléctrica del generador al circuito. Consecuentemente necesita ser mayor el trabajo realizado por la fuente de energía primaria para mantener el generador en funcionamiento suministrando la energía potencial eléctrica necesaria. Para complementar la comprensión del efecto contrario, solicitamos que acompañasen el tiempo de caída de un imán, inicialmente en un tubo de aluminio y posteriormente en un tubo de plástico (PVC). Este experimento era facultativo y no integraba los experimentos de nuestro recorte. Era siempre presentado como un refuerzo, cuando había interesados en su acompañamiento; en el sentido de promover la comprensión conceptual de lo que expresaba la inducción por la asociación a la ley de Lenz. A pesar de estar en este momento con el enfoque direccionado a tratar de las especificidades del fenómeno de inducción, teníamos que recordar a los alumnos que subyacente a la ley de Lenz se encontraba el principio de la conservación de la energía. Y también recordar que, en la transformación de una forma de energía primaria para otra forma de energía secundaria, la energía útil, el fenómeno ocurre con una eficiencia y requiere la realización de trabajo. Y aunque, por la ley de conservación de energía necesitan aparecer después de esa transformación otras formas de energías envueltas, además de la energía útil. Un argumento que asociaba el primer principio de la termodinámica con el segundo principio de la termodinámica (un abordaje que aún no había sido explorado en sus especificidades en la primera visita).

Los alumnos más interesados y atentos a nuestra exposición, parecían tener la comprensión de las conexiones que eran efectuadas entre los experimentos. Pero en aquel momento no se arriesgaban en mantener un diálogo con cuestionamientos o dudas que merezcan nuestro registro. Durante la utilización de la secuencia de las estrategias presentadas, algunos alumnos, a veces, se comportaban atropellando la secuencia de la exposición en función del interés por otros experimentos que ya habían quedado para tras en la exposición. Lo que de cierta forma, interfería en la participación de los demás interesados que buscaban acompañar la secuencia de la exposición. Algunos alumnos de este grupo mostraban cierta falta de postura para el acompañamiento que, a veces, llegaba a provocar irritación, a pesar del profesor interferir y controlar la situación. Los alumnos que dedicaban una mayor atención a las colocaciones del especialista se mantenían más en la escucha, y no hacían preguntas frente a aspectos relevantes. Aún mostrando sentirse a gusto en la participación cuando buscábamos provocar el diálogo. A pesar de la poca actuación

con preguntas, parecían mostrar que estaban despertando para las conexiones entre los experimentos que estábamos efectuando. Por lo menos, en relación a los aspectos más generales en cuanto a lo que era mostrado principalmente cuando a la descripción teórica era justificada empíricamente.

Después de presentar la generación por inducción en la sala de energía, pasamos a mostrar, otras dos formas existentes de procesar la generación de electricidad para consumo: el efecto electroquímico (de las pilas y baterías: el **experimento 6**) y el efecto fotovoltaico (de las células solares: el **experimento 5**). La **estrategia 4**, era utilizada para abordar estos dos fenómenos. Efectuábamos ahí una comparación entre los dos fenómenos, a partir de relaciones analógicas, en que eran mostradas las diferencias y similitudes entre los experimentos. Buscamos efectuar un abordaje más detallado y con mayor profundidad en las especificidades, en cada una de estas formas de generación, un procedimiento que no fue efectuado en la primera visita. Los alumnos que en la primera visita ya habían observado el fenómeno mostraban en el contacto con el experimento, ya tener la comprensión de que se trata del efecto electroquímico y del efecto fotovoltaico. Por su vez mostraban también alguna comprensión entre las diferencias y similitudes: por ejemplo, algunos alumnos escogidos expresaron que asimilaban la idea que: *la luz en la célula solar tenía por analogía la misma función de la solución ácida en las pilas en la producción de electricidad...* (En este sentido en cada caso faltaban detalles cuanto a la diferencia de potencial, cuanto a la potencia en el accionamiento de la generación eléctrica). Faltaba el tratamiento de las especificidades que se justificaban a partir de la energía primaria en la electrización de la **junción p-n** semiconductor de la célula solar y de la electrización en las placas de zinc y cobre por reacción química de oxi-reducción con la sustancia ácida. Ya veníamos observando desde el primer estudio que, en estos aspectos más específicos el momento de la visita no era lo más indicado. Debiendo las cuestiones menos inclusivas inherentes a los experimentos ser apenas provocadas, con breves colocaciones cuestionadoras. Para en la secuencia ser trabajada en la escuela.

Lo que mejor daba para hacer con lo que estaba contenido en la **estrategia 4** era mostrar los fenómenos buscando efectuar una analogía entre el **experimento 5** y **6**. Oportunidad en que conseguíamos tratar de cuestiones específicas de cada fenómeno de forma simplificada. A pesar de existir grandes diferencias intrínsecas entre las causas de estos dos fenómenos, la analogía efectuada traía para la discusión especificidades técnicas de fácil comprensión. Las similitudes eran traídas por las características menos intrínsecas a

cada forma de generación. Como en relación al hecho de que ambas formas de generación proveen energía a los circuitos en corriente continua. Quedaba así a cargo de la programación escolar la profundización de lo que era mostrado para ser cuestionado en detalle y especificidad, en cada una de estas formas de generación sobre el efecto fotovoltaico y sobre el efecto electroquímico. Esta observación vale, por lo menos, para algunos alumnos, que después de algún tiempo de exposición comenzaban a mostrar cansancio y se empezaban a dispersar. A nuestro ver, lo que prendía más a los alumnos frente a la exposición era la perspectiva de participar teniendo la comprensión del fenómeno mostrado. Cuando faltan competencias y habilidades, la participación del alumno sólo podría ocurrir a través de situaciones lúdicas. Como ocurrió frente al funcionamiento en el generador electrostático, en algunos aspectos relativos a la electrización.

El generador de Van der Graff continuaba a ser la mayor atracción en la sala de energía por explorar una situación lúdica y promover un mayor relajamiento del grupo. Existía un duplo papel de mediación del especialista frente a la exposición. El de buscar atender a la filosofía de los centros de ciencias en el sentido de mostrar el hecho científico de forma relajada como un “animador científico” y al mismo tiempo tener que preocuparse en subsidiar cuestionamientos para atender a la perspectiva escolar. Por la dupla función ejercida ese duplo compromiso no se constituía en tarea fácil. Una vez que, en algunos momentos parecía que estábamos atendiendo más una perspectiva y en otros momentos a otra perspectiva. Mientras tanto, no se constituía en un dilema para el expositor, una vez que su papel de animador quedaba más condicionado a las características del impacto provocado por el fenómeno. No podríamos provocar un hecho de manera lúdica cuando el diseño de su descripción no era programado para tal. Podemos decir ahora a partir de este segundo estudio, con más consciencia que en la exposición de nuestra programación, estuvimos bien más volcados a atender la perspectiva escolar, de que actuar de forma a promover la animación promoviendo un momento del hacer ciencia, de forma relajada (simplemente por el hecho de no haber direccionado nuestras actividades buscando provocar siempre que posible lo lúdico). También no queremos decir que en el Centros de Ciencias tenemos siempre que ofrecer un momento de contemplación científica apenas por la exploración de situaciones lúdicas.

En el último momento de esta segunda visita colocamos el generador electrostático en funcionamiento (utilizando la **estrategia 5**). Iniciamos mostrando la descarga eléctrica en la atmosfera, entre otros fenómenos: del como va y viene de los hilos de algodón entre

las personas y la cúpula del generador; encendiendo una bombilla de gas aislada en sus proximidades; promoviendo choque eléctrico entre las personas; y haciendo que los pelos se levanten en las personas. Pero ya nos encontrábamos con poco tiempo para esta exposición final y no hubo tiempo para detenernos en la exposición con exploración de detalles para la discusión de los fenómenos que estaban programados. Estábamos así cada vez más conscientes en efectuar la apreciación de los fenómenos colocando algunos cuestionamientos para el alumno pensar y buscar justificativas plausibles en otra oportunidad. Ya apuntamos que el momento de la exposición no daba tiempo para una negociación muy amplia de respuestas, siendo, los cuestionamientos efectuados, dejados para que sean más bien explorados en la programación escolar. Otro hecho que llevaba a este procedimiento era que, en la escuela habían apenas iniciado algunos fundamentos básicos relativos al concepto de carga eléctrica y a los procesos de electrización. El profesor que se encontraba presente acompañando nuestra exposición ya conocía nuestras pretensiones y estrategias de abordaje, de como incluir los fenómenos mostrados en el estudio de electrostática de la programación escolar. Y que, debido a las consideraciones que efectuamos, el momento de la exposición apenas levantó algunos cuestionamientos para ser discutidos y respondidos posteriormente en la asignatura de la escuela. De esta forma, para efecto de acompañamiento durante la visita, la discusión de los fenómenos frente al experimento de electrostática y de descargas eléctricas, sólo va a ser retomada en la tercera visita. Una visita que debe envolver un proceso más evaluativo de que formativo. En que vamos a tener una noción más clara de lo que fue posible ser trabajado en la escuela relativo a la energía electrostática de los fenómenos ocurridos en alta tensión.

Estamos llegando en un momento de este estudio en la en mostrar, donde el alumno puede su capacidad de desarrollar procedimientos en hechos y conceptos para responder a los cuestionamientos que estamos colocando desde la primera visita. Inclusive de forma muy simplificada inicialmente y de forma más elaborada en segundo momento, los alumnos que no demostraron condiciones de explorar debidamente los fenómenos necesitan hacerlo en la clase. Una bajo la mediación del profesor, mostrar si domina o si no dominan, y en qué nivel este dominio del contenido va a ocurrir.

A pesar de que hemos tenido alguna dificultad en retener la atención e interés de todos los elementos del grupo, para nuestro abordaje expositivo durante esta visita, estábamos trabajando conjuntamente con el profesor del grupo que acompañaba nuestros argumentos en razón de la estrategia didáctica utilizada. Esperando que el profesor, de

manera propia, utilice este mismo artificio cuando trate de la programación en la escuela. Lo que estuvimos viviendo hasta este momento en esta investigación, dio para percibir que, el poco tiempo del momento de la visita estaba sirviendo más para estimular y despertar para algunos significados cuya retención dependería de la continuidad de la discusión efectuada en la clase escolar. Nuestra duda en este punto del estudio era sobre si los alumnos que mostraban dificultades, por no presentar subsunsores adecuados, conseguirían la nueva información mostrando efectos apreciables de aprendizaje.

La exposición era el escenario de contemplación e información inicial, sobre el fenómeno en el sentido de provocar cuestiones y problemas. Pero, el espacio más adecuado, en que esperamos la madurez conceptual relativa a los hechos traídos de los experimentos sería la clase. Los experimentos del Centros de Ciencias necesitaban llegar al aula constituyéndose en propuestas de situaciones de aprendizaje por el trabajo de articulación conceptual desarrollado en las estrategias didácticas utilizadas durante la visita. Para que, en la secuencia de la acción escolar, en comunión con esfuerzo de un aprendiz perceptor/representador se pueda alcanzar el dominio de algunos aspectos del contenido de estudio colocado en la propuesta.

Con el resultado favorable obtenido en el **cuestionario-1** de conocimientos básicos, un poco antes que los alumnos participen de la segunda visita, se esperaba una mejor participación de todo el grupo frente a los experimentos. Pero una relación directa no fue mostrada por todos los alumnos. Lo que demuestra que, encajar todos los componentes del sistema de evaluación y la investigación para atender a los resultados sea favorable o desfavorable, en composición con los objetivos propuestos en la investigación, no está siendo una tarea fácil.

A nuestro ver, el alumno no dialogaba por la dificultad de expresarse en el nivel del lenguaje próximo a lo colocado por el especialista en la exposición o por el profesor en el aula (ya nos posicionamos sobre el condicionamiento que ejerce el lenguaje en el dominio y expresión del contenido aislado). Conforme ya nos referimos a raíz de esta dificultad se concentra en el hecho del alumno no mostrar tener el hábito de lectura en asuntos de interés de la programación de la asignatura de la escuela (una queja efectuada por el profesor siempre que cobrábamos una mayor inversión en la lectura de los textos utilizados). El profesor en el aula, por varios factores, no conseguía sensibilizar al grupo para una lectura de los textos que habíamos seleccionado para que los alumnos estudien para la adquisición de competencias y habilidades en procedimientos y dominio de lenguaje

técnico-científico utilizado. A pesar de las estrategias de enseñanza que utilizábamos en el abordaje que los experimentos ejercen cierta influencia, no iríamos a conseguir apenas por el discurso oral en la exposición y sí por la acción del profesor en el aula, desarrollando las actitudes y habilidades necesarias. El alumno para mantener un diálogo con desenvoltura, expresándose con un lenguaje científico adecuado, necesitaba tener el hábito de lectura. La incorporación efectuada apenas en razón de las colocaciones del profesor y del especialista de la exposición, no desarrollaría la capacidad que requeríamos del alumno en la comunicación de sus ideas. Entre la mayoría de aquellos alumnos no había una participación con intervenciones a un nivel satisfactorio. En que puede ser mostrado el dominio del conocimiento en estudio.

El balance que efectuamos del comportamiento del grupo hasta esta visita es de que, se trata de un grupo de la novena serie que, a pesar de muy inquieta para acompañar a la exposición de los experimentos durante la visita, se mostró más curiosa en interactuar con los experimentos mucho más que el grupo de tercer año del primer estudio. Pero la dificultad de este grupo es expresarse con un lenguaje apropiado, fue también aquí comprobada, del mismo modo con lo que había ocurrido en el primer estudio. A pesar de los alumnos ahora ser de un grado de escolaridad inferior, el requisito del conocimiento como lenguaje, aún a un nivel más elemental, era algo que también se hacía necesario: el saber expresarse. Percibíamos a veces que, una parte de esta inquietud y necesidad de mantener diálogos paralelos (entre grupos de alumnos), ocurría en el sentido de discutir cuestionamientos en la busca de una solución al hecho. Utilizando lenguaje común que disponían para expresarse y estaban acostumbrados a comunicarse entre sí. Los alumnos demostraban en la visita que no se sentían seguros de exponer sus ideas en el diálogo con el especialista (no tuvimos durante esta visita ninguna intervención que traiga elementos substanciales que demostrase un aprovechamiento satisfactorio del alumno en lo que estábamos cuestionando).

Otro punto que observamos en el comportamiento de algunos alumnos fue relativo cuando efectuábamos los argumentos de un determinado elemento del grupo para una cuestión y existía la necesidad de una intervención paralela de otro elemento, en el sentido de querer auxiliar a un compañero en una respuesta (inclusive cuando observamos que en aquel momento estábamos buscando una respuesta individual). Este tipo de cooperación entre compañeros puede ser benéfico en determinados momentos de trabajo en equipo, pero, en aquel momento, en que queríamos oír una argumentación personal,

considerábamos ese auxilio una práctica inadecuada al desarrollo de nuestras acciones. Ese tipo de dificultad en conseguir indicar la forma y el momento de participación de los alumnos, también era observado en relación al profesor del grupo. Quedamos sabiendo después por el profesor que existía esa queja del comportamiento inquieto de los alumnos traídas por profesores de otras asignaturas que también reclamaban de la dificultad en desarrollar sus programaciones delante de la postura de algunos alumnos. El profesor del grupo se mostraba, algunas veces, incapaz de ejercer un control y tenía que utilizar la amenaza de malos resultados en la evaluación regular de la asignatura. Era la forma que encontraba de mantener la atención de todos aquellos que mostraban no saber comportarse adecuadamente delante de las actividades. Diferentemente de la escuela, normalmente, nuestra función en el museo y Centros de Ciencias en contacto con el alumno, casi siempre, no es el de disciplinar el comportamiento del grupo. Una vez que, la actuación del alumno en su predisposición para lo que se encuentra en cuestión, necesita en la enseñanza informal ser espontánea.

Otra observación que efectuamos fue en el sentido que, en algunos momentos claves de la visita, en el trato de cuestiones más elaboradas, el comportamiento medio del grupo, en lo que fue posible observar, era de una participación sin contribuciones relevantes. Faltaba en el procedimiento una línea de raciocinio pre-establecida para acompañar las razones del expositor en la negociación con el grupo y en la interpretación de las cuestiones colocadas. El lenguaje utilizado por el alumno normalmente no era apropiada, habiendo dificultades para la mayoría de los alumnos en saber expresarse (requiriendo mucho del mediador frente al hecho científico).

En la actividad de visita a la exposición y la evaluación que realizábamos por principio no establece ningún sentido de querer penalizar las actitudes y procedimientos no favorables como se procede en la escuela. Como se trataba de una acción integrada con la escuela, un buen desempeño en la visita, a criterio del profesor, podría llevar a un premio en la puntuación extra en el sentido de sumar favorablemente a las evaluaciones regulares que desarrollaba (una evaluación de desempeño de una visita no podría ser utilizada en el sentido de punir cuando hay una omisión a actitudes y procedimientos favorables). Esta visita ocurrió al final del primer semestre como una de las últimas actividades de los alumnos y fue seguida, por la evaluación efectuada en el aula siguiente de la escuela, donde ocurrió la aplicación del **TANC-1** (de ahí en adelante habría el receso escolar de veinte días entre el primer semestre y el segundo semestre del año lectivo local).

### 6.2.9 Actividades con profesor en el aula después de la segunda visita.

Después de la segunda visita vamos a tratar de lo que fue observado referente a la programación en el aula para atender la acción integrada, inicialmente, mostrando lo que ocurrió en relación a un aula de electrostática. En la cual el profesor inicia a hablar buscando diferenciar lo que se estudia en electrostática de lo que se estudia en electrodinámica. Conceptúa la electrostática como una concentración de cargas paralelas. Mientras que se refiere que en la electrodinámica se estudia los efectos de la carga en movimiento (buscando asociar de ahí el surgimiento y la importancia de la corriente eléctrica). El profesor en una clase anterior, siguiendo el ritmo de la secuencia de la programación de la asignatura original habló de las propiedades eléctricas de los conductores y aislantes (esta clase fue realizada en la etapa final del primer semestre lectivo, antes de la segunda visita). Pero, buscaba ahora en el inicio del segundo semestre debido al receso escolar de medio año, efectuar una recapitulación. Buscaba así revisar que, el comportamiento de conductores y aislantes. Diciendo que, mientras en los aislantes, los electrones se mantienen conectados (sin movilidad para conducir o migrar de un átomo para otro), en los conductores, los electrones en la última camada orbital se presentan libres para migrar espontáneamente de un átomo a otro. De forma a producir corriente eléctrica. En este momento el profesor se recuerda que el asunto de distribución de camadas electrónicas viene siendo trabajado por otro profesor en la parte de química de la misma asignatura ciencias, ofrecida simultáneamente e independientemente de la parte de Física. Según las palabras del profesor de Física que dice: *mientras que en los medios conductores metálicos, los electrones se quedan migrando de forma aleatoria... en los aislantes, los electrones se encuentran más conectados* (no se refiere a los electrones de valencia para diferenciar de los electrones de conducción en la estructura atómica para caracterizar mejor la diferencia entre conductores y aislantes en la estructura atómica). El profesor en este momento interrumpe la clase interviene con rigor debido a conversas paralelas que algunos alumnos venían manteniendo.

Estamos frecuentemente apuntando los episodios existentes de naturaleza disciplinar en el comportamiento de los alumnos, por el hecho que, estos momentos también ocurrían en el primer estudio cuando el contenido del estudio mostraba una tal complejidad, que los alumnos perdían el interés en acompañar la clase. En este grupo la falta de concentración en el tema que el profesor estaba desarrollando, que ya hicimos mención

anteriormente, era un hecho que interfería en mayores proporciones. Por lo que conseguimos acompañar, el profesor nos dejó la comprensión que este hecho había sido llevado a la coordinación y a la dirección de la escuela para que en un diálogo con los familiares responsables y con los propios alumnos en busca de solución. Este cuadro no era general entre los alumnos del grupo y en algunos momentos incomodaba a los propios compañeros que buscaban un ambiente donde exista una mayor serenidad y respeto al papel del profesor. Por otro lado, en algunos momentos este comportamiento negativo al procedimiento de la enseñanza-aprendizaje del profesor, no dejaba de expresar cierta actitud de desinterés en el trabajo que él venía efectuando.

El profesor retoma el contenido de electrostática, pero, no se refiere más a las propiedades de los conductores y aislantes. Inicia estableciendo una relación entre carga y potencial eléctrico (sin presentar ninguna formulación matemática), yendo consecuentemente en seguida a tratar de la diferencia de potencial eléctrico. El profesor para tratar de este asunto toma como ejemplo, la ilustración de una manguera de jalar agua. Para efectuar una analogía con el potencial eléctrico y con su diferencia de potencial. En esta analogía el profesor busca mostrar la relación del flujo en una manguera con dos ramos comunicantes con una diferencia de nivel de la superficie del agua entre los dos ramos (utiliza el funcionamiento del sifón). Una situación que muestra trazos de similitud con lo que ocurre en un circuito resistivo alimentado por una pila. Algunos alumnos muestran no tener una comprensión bien definida de la analogía efectuada y solicitaban del profesor un abordaje más claro de la relación efectuada. El profesor vuelve a tratar del asunto, y pregunta a los alumnos: ¿Cuál es el concepto que tenéis del significado de la sigla d.d.p.? Los alumnos responden: *diferencia de potencial*, mostrando conocer (ya haber visto en aulas anteriores). Mientras tanto el hecho de mostrar conocer el significado de la sigla, no significa decir que tengan el dominio conceptual de esta grandeza, ni que conociesen su relación con otras grandezas (principalmente con la energía y con la potencia). Mientras tanto, el profesor estaba buscando construir el significado del concepto a partir de la analogía que venía efectuando, lo que para muchos alumnos necesitaba ser más esclarecida.

En la continuidad el profesor toma como ilustración un ejemplo con datos numéricos. Inicialmente busca expresar la corriente por un flujo discreto de carga, donde considera también el principio de la conservación y de la cuantización de la carga ( $Q = N \cdot e$ ). Por su vez relacionando a un intervalo de tiempo, determina la corriente eléctrica (el profesor pidió que utilicen en los cálculos la notación con potencia de diez). El profesor, al

mismo tiempo, que busca relacionar la corriente a la carga eléctrica, también muestra la preocupación en tratar de un elemento para cuantización de la carga, en el caso la carga elemental ( $e$ ) del electrón.

Por lo que puede ser observado en esta aula, el profesor buscó efectuar una diferenciación y una transición entre la electrostática y la electrodinámica. El profesor por su vez, en esta oportunidad podría relacionar explícitamente lo que estaba tratando con lo que había sido visto en la visita a la Usina Ciencia (esta falta de integración era una queja que ya habíamos comenzado a hacer desde las clases acompañadas después de la primera visita). Los alumnos por cuenta propia no conseguirían relacionar los fenómenos electrostáticos estudiados en la escuela y vividos en el funcionamiento del generador durante la primera y segunda visita. Una vez que, en la última visita realizada, no hicieron ninguna conexión demostrando que no sabían cómo hacer esa transposición. En las visitas a la exposición el tiempo de actividad con el generador en funcionamiento para la vivencia con los fenómenos es controlado. Para efectuar una transposición didáctica de la teoría con los fenómenos mostrados, ni siempre es tarea fácil y requiere más tiempo. Mientras tanto, estábamos programando con el profesor que en la tercera visita iríamos dar un mayor énfasis a los fenómenos electrostáticos y efectuar la interface con la electrodinámica, para ilustrar, justificar y reforzar lo que el profesor estaba buscando hacer en esta clase. El acompañamiento que efectuamos en esta clase tuvo una duración de aproximadamente 35 minutos. Podemos así notar que, algunas veces, en la relación exposición-escuela estábamos mostrando anticipadamente algunos fenómenos en la exposición que estaban siendo brevemente cuestionados y justificados por el especialista, pero que no venían siendo debidamente trabajados en la escuela en detalles y especificidades. En nuestra cooperación, normalmente había la anticipación de la nueva información, el contenido de la exposición, tratado en la programación de la visita para ser llevado a la programación escolar.

Tenemos que dejar claro que en esta fase del acompañamiento que no había más disponibilidad de tiempo para recorrer todos los experimentos programados en sus especificidades. No es más posible ser desarrollado todo el contenido inicial en hechos, conceptos, procedimientos y actitudes contenidas en las estrategias didácticas. Comenzamos a sentir que el profesor dentro de la programación escolar no tendría más tiempo para la profundización de conceptos relevantes previstos en las estrategias. Existían diferentes factores que veníamos observando, como lo relativo a la falta de una mejor adecuación del aula del profesor a la programación de los experimentos tomando por base las estrategias

didácticas, también el tiempo insuficiente en las clases de la asignatura, cuanto al comportamiento señalado de algunos alumnos en las clases, y aún cuanto al ritmo de acompañamiento debido a las dificultades encontradas por algunos alumnos. Delante de estos obstáculos en la acción integrada no se estaba consiguiendo mantener la consonancia que necesitaba haber entre los dos momentos (visita y aula). Consecuentemente, no se estaba consiguiendo efectuar la profundización de estudios para el dominio conceptual en la amplitud contenida en la programación. Mientras tanto, en el tiempo restante iríamos a hacer lo que sea posible para integrar mejor las dos acciones. Delante de esta dificultad conseguimos prorrogar un poco más el plazo de conclusión de los trabajos en la escuela.

Dando continuidad a esta fase observación de la actividad del profesor vamos a acompañar una clase en la que el profesor buscó sintetizar algunos puntos de la programación en la perspectiva de elaborar un mapa conceptual con las características del recorte sobre energía. Había una preocupación con los inscritos sobre las líneas (conectivos de asociación conceptual), entre las células conceptuales en el mapa. El profesor aprovechaba la oportunidad para efectuar un abordaje integrado en la relación entre los conceptos más generales e inclusivos de las diferentes formas de generación de energía eléctrica. Inicia observando la necesidad en las transformaciones de energía de identificar los tipos de energía primaria y secundaria en cada transformación, haciendo referencia que en estas transformaciones no se podía perder de vista la ley de conservación y la ley que trata de la eficiencia y del sentido que ocurren a las transformaciones (como inscritos conectivos). Habló que estos principios, relaciones, definiciones, y hechos, podrían ir apareciendo en la elaboración de los mapas como palabras, frases, ecuaciones que expresen la conexión entre los conceptos envueltos en las células del mapa.

El motivo que llevó al profesor a este tipo de actividad, a nuestro ver fue en razón de la cobranza que efectuábamos de más objetividad y direccionamiento en su trabajo en la programación escolar en armonía con los objetivos y las estrategias de descripción de los experimentos. Otra cuestión discutida fue con relación a una preparación de los alumnos en el sentido de una mejoría en la elaboración del tercer mapa conceptual sobre energía (que sería cobrado luego después de la tercera visita), principalmente con relación a las palabras y frases conectivas sobre las líneas de conexión entre los conceptos. Un procedimiento que no estaba siendo efectuado por la mayoría de los alumnos (el propio profesor en su primer mapa demostró esta dificultad con la colocación de sentencias sobre las líneas conectivas).

En la continuidad de buscar relaciones del contenido de la programación en el mapa, el profesor trató de cuestiones específicas relativas a la **estrategia 4**. Buscando tratar un poco más sobre la naturaleza de la energía química en la reacción de oxi-reducción de la generación electroquímica de las pilas. Vale aquí una observación, que los alumnos hasta este momento no habían visto este asunto con la profesora de química (con quien divide la asignatura ciencias), que se había comprometido en abordar este asunto antes de la tercera visita. Pero, el profesor buscó caracterizar para los alumnos que en cualquier reacción química iba a existir un reordenamiento de la energía potencial de conexión, que podría aumentar o disminuir en el producto final de los reagentes (a depender de la naturaleza de las reacciones, si es exotérmica o endotérmica).

En seguida el profesor pasó a mostrar como quedaría el fenómeno de inducción colocado en el mapa. Colocando que, en la elección de la energía primaria de generación, el concepto era: la energía *mecánica*. Que por su vez, sería relacionada por la línea de conexión a la energía secundaria cuyo concepto era: la energía *eléctrica*. Observando que, en la inducción por la termoeléctrica tendrían que reformular el concepto de energía primaria que ahora sería el concepto: *energía térmica*; que sería conectado al concepto: *energía mecánica* para que después este se conecte a la energía secundaria que tiene como concepto: *energía eléctrica*. Estos dos niveles de transformaciones de energía de la termoeléctrica constaban de nuestra estrategia de exposición de los experimentos. En nuestra propuesta de acción integrada existían preceptos que considerábamos básicos a ser alcanzados. Sin los cuales los alumnos en su participación no podrían asimilar sin este estudio. Por esa razón, si un individuo que piensa en primera instancia en la generación termoeléctrica, a través de un modelo inicial, más fácil y económico, al expresar que en este proceso de generación que la energía térmica se transforma directamente en energía eléctrica, este modelo tendría de ser necesariamente reformulado. El profesor se preocupaba que en el mapa el alumno cuide para que esta diferenciación quede clara. Al hacer la relación antes del térmico para el mecánico para después haber transformación del mecánico para el eléctrico. Así cuando los alumnos coloquen en el mapa el concepto inducción tendrían que trabajar buscando diferenciar, por ejemplo, el funcionamiento de la hidroeléctrica del funcionamiento de la termoeléctrica. El profesor aún coloca para el alumno que el alternador del automóvil no dejaba de ser una generación termoeléctrica, en la forma con que es accionado el generador por el movimiento del motor por combustión. El profesor coloca que en el mapa, el conectivo: *se transforma*, estaría en la conexión entre la energía química y la energía eléctrica. Hace referencia también a que otros conceptos

tecnológicos más específicos podrían ser considerados en el mapa, como el electroquímico de la pila, de hidroeléctrica, y de termoeléctrica.

El profesor en esta etapa de nuestro trabajo de acción integrada se mostraba muy interesado en utilizar en la enseñanza-aprendizaje la confección de los mapas. Según el profesor él daría este enfoque en todos los grupos de la escuela. La idea del profesor era el montaje del mapa en la escuela en el ordenador utilizando el laboratorio de informática. El profesor colocó, el mapa estructurado mostrando el relacionamiento entre los conceptos más relevantes y colocando los caracteres conectivos, los alumnos podrían investigar direcciones para establecer *links*, que los lleven a efectuar la profundización conceptual por internet de los conceptos colocados. El profesor así está con una idea, en la acción integrada efectuar el mapa que atienda la generación de energía eléctrica donde la información del contenido conceptual y de hechos contextualizados en el mapa, sea relacionada a conceptos que ya estarían indicados las direcciones donde debería ser buscado en internet.

Pero, a pesar de acatar inicialmente la idea, ponderamos que, nos encontrábamos en la etapa final del estudio, no habría más tiempo de introducir nuevos elementos metodológicos traídos por la elaboración del mapa, que pueda facilitar y estimular la lectura para favorecer a un mayor dominio conceptual. Pero, como toda iniciativa que pueda favorecer a la preparación del alumno en relación a nuestra propuesta sería bienvenida y por la independencia y autonomía que tenía en sus acciones en la escuela, nos posicionamos de frente y vean que era posible hacer. Al final del estudio, antes de proceder a la evaluación de los alumnos por la realización del tercer mapa conceptual, el profesor nos informó cuanto al resultado de este trabajo. Donde apenas algunos alumnos se involucraron con esta tarea utilizando el Programa *PowerPoint* para elaborar los mapas sobre energía, donde en cada concepto subrayado se podía recorrer a un *link* para obtener informaciones relativas al concepto. Dejando claro que este trabajo no había sido completado por los alumnos que iniciaron la actividad.

Lo que podemos concluir de la actividad de encima para integración entre las dos programaciones es que, fue una forma de abordaje diferenciado que veníamos acompañando en momentos anteriores en la acción del profesor en el aula. El profesor consiguió efectuar una integración entre conceptos para auxiliar los alumnos en la confección del mapa de energía y atender a la programación propuesta. En este momento fue mostrada una perspectiva de trabajo en la escuela más armónica, objetiva y eficiente en busca de resultados favorables a nuestros objetivos.

### 6.2.10 Tercera visita a la exposición.

En esta última visita buscamos provocar más la participación de los alumnos a partir de una mayor interacción de ellos con los experimentos. El profesor al inicio de la entrada del grupo a la sala de energía buscó organizar la distribución de los alumnos en tres grupos de acuerdo con las afinidades entre los elementos para participar en conjunto. El profesor tenía preocupaciones en ganar tiempo en esta organización en el sentido de ser la última visita y tener la necesidad de los alumnos que interactúen explorando el mayor número de experimentos posibles relativos al asunto. Para que, delante de los experimentos, en el tiempo disponible de la visita, no queden los alumnos tan sueltos y sean acompañados por el especialista de la exposición, por el monitor o por el profesor del grupo. Cada uno de estos elementos responsables por coordinar la acción de los alumnos quedó posicionado frente a un rol de experimentos del recorte. Cumplida la etapa iban después a recorrer los otros sectores de la exposición. Buscamos efectuar registros del comportamiento de los alumnos en todos los grupos de la interacción que mantenían con la exposición. El sector en que quedó el especialista constó del experimento del súper-*looping* (**experimento 10**), de la generación fotovoltaica (**experimento 5**), de la generación electroquímica (**experimento 6**), el experimento de la inducción magnética (**experimento 4**), y aún constaba uno de los sistemas de generación por inducción a manivela (**experimento 2**). El profesor del grupo quedó responsable por un sector que también contenía el experimento de la inducción magnética (**experimento 4**) relativo a la inducción por el movimiento del imán en el sistema masa-resorte, y aún por la maqueta de la hidroeléctrica (**experimento 1**), por el sistema de la mini-hidroeléctrica y también por uno de los sistemas de generación por inducción a manivela (**experimento 2**). Cuanto al monitor de la exposición, quedó responsable en acompañar el sector donde había otros experimentos de generación por inducción a manivela (**experimento 2**) y aún iba a acompañar otros experimentos relativos a la ley de Faraday y la ley de Lenz, como el “freno magnético” que no constaban de nuestro recorte, pero tenía conexión con el tema. La participación en el experimento de la termoeléctrica (**experimento 9**) y en el generador electrostático (**experimento 7**) sería efectuada al final por el grupo en conjunto. Habiendo tiempo, aún efectuaríamos una interacción con el experimento de calentadores solares (**experimento 8**) montado en nuestra área externa.

En el comportamiento asumido por el grupo relativo a la participación en la sala de energía fue posible registrar la participación de los alumnos algunas acciones aisladas y en grupo. En el sector de la exposición mediado por el especialista, inicialmente, relativo al experimento del loop, preguntamos a los **alumnos 23 y 09** ¿Qué es lo que ocurría en relación a la energía mecánica? (la pregunta se direccionaba a una parte del experimento en que una esfera era mantenida en oscilación en la rampa y había poca disipación de energía). El alumno de **número 23** respondió que: *en el movimiento de la esfera, la energía parecía ser preservada...*; cuando replicamos preguntando: ¿Qué significa ser preservada?, el alumno no supo responder. En el diálogo también participa el alumno de **número 09** quedo la comprensión de que sería mantener la conservación de la energía mecánica. Continuamos preguntando: ¿Que está ocurriendo en la continuidad del movimiento de oscilación de la esfera? Con los alumnos del grupo como un todo ahora participando queda claro que no está habiendo conservación. De ahí preguntamos nuevamente: ¿Qué existe en relación a la energía mecánica, si no está habiendo conservación? Y el alumno de **número 09** responde: *disipación*. Preguntamos, ¿Porque está habiendo disipación? Y el mismo alumno responde: *porque no tiene motor*. (el grupo que observa este “expediente” en la respuesta le encuentra gracia, una vez que, era esperado que el mismo coloque algo que ya conocían: la pérdida causada por la resistencia del aire).

El grupo así, a nuestro ver, mostraba tener la comprensión de que, no habiendo conservación de la energía existía la disipación. Siendo el “motor” colocado por el alumno del grupo un agente compensador de las pérdidas ocurridas relacionadas a la resistencia del aire. Seguimos preguntando: ¿cuál es la naturaleza de la energía perdida? Los alumnos respondieron que era: *...cinética*; y después con alguna negociación con el especialista afirmaron: *...potencial*. Como aún no había sido especificado la naturaleza de la energía potencial, continuamos negociando la respuesta sobre la misma y los alumnos respondieron que era de: *...naturaleza gravitacional*. En la continuidad del diálogo se posicionó en relación a que la energía mecánica inicial: *es del tipo potencial gravitacional*. Observamos después en el comportamiento de los alumnos que ellos sabrían responder directamente, si en aquel momento, no hubiesen confundido la naturaleza de la energía que es mecánica con los tipos de energía (cinética y potencial). Comentamos en seguida sobre el movimiento de la esfera en el loop, recordando a ellos que, la esfera en movimiento a pesar de ser considerada un sistema que no conserva la energía, en la visita anterior consideramos que, en la esfera en *loop* la energía se conservaba (existe una pequeña disipación en el recorrido considerado). Repitiendo un cuestionamiento que había sido efectuado en la visita anterior.

Preguntamos: ¿Si de la altura que la esfera es suelta, el *loop* está ocurriendo con sobra o sin sobra energética? Los alumnos se expresaron adecuadamente mostrando que ya habían aislado que había sobra de energía y que la misma tenía una relación directa con la altura de partida. Mostraron también conocer que habría una altura mínima necesaria para que sea efectuado el *loop*. Buscando relaciones analógicas, en el límite que la esfera no conseguir más dar la vuelta por encima denominamos de “apagón” (una asociación relacionada a la amenaza del no fornecimiento de energía eléctrica ocurrido en las hidroeléctricas brasileñas en períodos de larga sequía).

En otro momento estuvimos preguntando al alumno de **número 24**, cuanto a las transformaciones de energía mecánica en el *loop*. Con el alumno posicionándose correctamente al colocar que: *cuando era suelta en la parte de encima la energía era potencial y al bajar la rampa se transformaba en cinética* (en la base). Y en seguida argumentó: *con la bajada había movimiento* (quería referirse a la energía cinética) *necesario para subir y efectuar el loop*. Observábamos en el comportamiento del grupo, inclusive con los alumnos que no fueron cobrados en responder a los cuestionamientos que, había cierta comprensión en las relaciones de energía cinética y potencial. Quedando también subentendido que, esta descripción se apoyaba en el hecho de ser considerada la conservación de la energía mecánica.

En relación a los experimentos del generador electroquímico y del efecto fotovoltaico, sugerimos que los alumnos interactúen con los mismos simultáneamente buscando relaciones entre los mismos (es decir, se preocupen en observar diferencias y similitudes a partir de la variación de intensidad de la corriente y del tipo de corriente verificada en cada uno de los fenómenos observados). En la división del grupo, los alumnos que acompañamos en la interactividad con los experimentos, mostraron tener la comprensión de las diferencias y similitudes ocurridas entre diferentes formas de generar electricidad. Como en el hecho de las corrientes generadas sean continuas; cuanto a la asociación que, la substancia ácida de la pila se encuentra para electrización de las placas de la misma forma que la luz se encuentra para electrización de la célula solar.

Veamos algunos trechos del diálogo que tuvimos con los alumnos, referente a la pila y a la célula solar. Haciendo referencia a la placa de zinc y de cobre conectada al micro-amperímetro, que iba a ser inmersa en solución ácida preguntamos al grupo: ¿Qué es este sistema? Fue respondido que: *es la pila...* en seguida refiriéndome a la placa solar también conectada a un amperímetro, pregunté: ¿Y este de aquí? Fue respondido: *generador foto*

*químico...* después reformulan para: *célula solar... produce corriente eléctrica...* en la negociación consiguieron recordar de expresar: *efecto fotovoltaico*. En la secuencia del diálogo indagamos: vean la variación de la intensidad de luz de la sala incidiendo sobre la placa solar y observen la intensidad de corriente (para una relación directa con la potencia de la energía eléctrica generada), pregunté *¿Qué es lo que mantiene la electrización en la placa solar?* Fue respondido que: *la cantidad de luz fornecida*. En seguida mandamos que observen la inmersión gradual de las placas de zinc y cobre de la pila en la solución y observen la transferencia de energía a partir de la corriente, y preguntamos: *¿Qué electriza las placas, en la pila?* Fue respondido en el grupo que: *la reacción química...* y en el diálogo bajo nuestra mediación se expresó: *reacción de oxidación y de reducción...* en la continuidad preguntó: *¿Cuánto al generador solar?* Fue respondido: *tiene que tener sol...*, Entonces sugerimos que una parte del grupo lleve el carrito con la placa solar para la parte externa y observen si daba para funcionar.

Este momento, de observar el funcionamiento de la célula para el movimiento del coche en tiempo nublado, no sería desperdiciado para efecto de aprovechamiento de la experiencia en el aprendizaje. Fue un momento de mostrar que, en razón de las condiciones climáticas, podemos tener o no, disponibilidad de esta energía intermitente para colocar el sistema en funcionamiento. Una función tan importante cuanto a la observación del funcionamiento del sistema en condiciones normales. Así, a pesar de las condiciones de irradiación solar no ser favorables, teníamos un punto importante a ser tratado, que se contrapone a la situación favorable de un día con mucho sol. En una perspectiva de enseñanza **CTS**, era importante mostrar las dificultades que tenemos en relación a algunas fuentes que utilizan una energía primaria intermitente, como en el caso de la solar y de la eólica.

Entre los alumnos que permanecieron en la sala y no fueron para el patio (como el sistema solar fotovoltaico), el **alumno 05**, cuando se encontraba interactuando con el generador por inducción magnética accionado la manivela, preguntamos: *¿Cuál es el fenómeno que causa la generación de energía?* El alumno responde que: *el imán en movimiento genera una carga eléctrica*. En razón de lo que fue colocado, solicitamos que el alumno reformulé su respuesta, preguntando: *¿Por qué genera carga? ¿Los componentes que están conectados al generador funcionan a través de carga?* En la negociación el alumno tuvo la comprensión, que mejor sería relacionar el movimiento del imán a la producción de corriente eléctrica. La cuestión era que, habíamos acabado de efectuar una discusión

relativa al funcionamiento de la pila y de la célula solar, que funcionan por un proceso de electrización a través de la creación de dos regiones de cargas de señales contrarias. Creemos que, en la falta de madurez de un dominio mayor con el fenómeno de la inducción magnética, fueron influenciados a utilizar los argumentos relativos a los generadores que funcionan por electrización. Así fue pasada la idea que la inducción magnética también envolvía un proceso de electrización con generación de carga eléctrica. Este era un punto de diferenciación entre los generadores que debería haber sido trabajado en la escuela. Y que buscamos despertar en los alumnos en esta oportunidad al diferenciar las formas de generación de electricidad de la “**clase de situaciones 1**”.

Abordamos en seguida al alumno **04**, que observaba la diferencia de esfuerzo en el accionamiento de la manivela a veces con el circuito eléctrico ligado, a veces con el circuito desligado. Preguntamos, ¿Porqué hay la diferencia en el esfuerzo? El alumno responde: *la energía no es dada gratis*. Esta ya era una frase de efecto para cuando se explora una situación lúdica de esta naturaleza. Que utilizábamos en la presentación de la exposición al final del abordaje de la ley de Lenz, para caracterizar sus consecuencias. El alumno al recordarse de esta forma de expresión, en nuestra comprensión, sintetiza su dominio conceptual frente a la cuestión. Este mismo alumno desvía la discusión que era acompañada por los demás elementos del grupo, para tratar de otra cuestión fuera del recorte, preguntando: *¿Cómo la energía eléctrica fornecida al motor produce el resfriamiento interno de la nevera?* Tuvimos que inicialmente discutir la forma de colocación de la pregunta para averiguar de cierto cual era su duda. Al inicio del diálogo cuando buscamos que el alumno reflexione sobre la pregunta efectuada, él mismo demostró tener comprensión que no era la energía eléctrica que directamente retiraba calor y resfriaba la nevera. Cuando pasamos a justificar sintéticamente el principio de funcionamiento de los refrigeradores (para no dejar al alumno sin una respuesta). Colocando que, la energía eléctrica era utilizada para realizar un trabajo. Que por un proceso termodinámico no espontáneo, va a retirar calor de un reservorio frío, de temperatura menor, y liberarlo para un reservorio caliente, de temperatura mayor. La manera de preguntar del alumno daba la impresión inicial de traer implícita la existencia de una relación directa en la transformación de la energía eléctrica en calor (retirar calor para resfriar sin ningún otro efecto). En el diálogo observamos que, a pesar de existir esta duda para el alumno, lo que él quería saber, era con relación a cómo funcionan los sistemas de refrigeración. El alumno mostraba la dificultad que tenía de saber preguntar. Un hecho que debe estar asociado a la falta de propósito de la escuela en buscar formar atendiendo al *principio de la interacción social y del cuestionamiento*, en que se

debe enseñar para aprender a hacer preguntas al contrario de quedar solamente dando respuestas; y de cierta forma también al *principio de un aprendiz perceptor/representador*, en razón de que, necesita ser llevado en cuenta que somos perceptores y representantes de los hechos del mundo y no apenas retransmisores de lo que se copia en el aula del profesor o se estudie en el libro de texto adoptado.

En el momento de retorno de los alumnos del patio externo (donde fueron colocar el coche en movimiento por la placa solar), estábamos abordando el funcionamiento de la pila (para los alumnos que permanecieron en la sala bajo nuestro acompañamiento). Era observado que, cesado la causa (las placas inmersas en solución ácida) cesa el efecto de generación de electricidad. Los alumnos participaban mostrando un comportamiento de que ya tenían cierta consciencia de la justificativa teórica para el fenómeno. En la secuencia pasamos a abordar el efecto fotovoltaico nos dirigimos al alumno **16** (que había ido al patio externo para experimentar la placa solar), preguntando: ¿en relación a la placa solar como ocurre internamente el fenómeno (o que causa el efecto fotovoltaico)? El alumno responde: *funciona a base de luz*. Continuando el argumento a este alumno se le preguntó: ¿Y allí fuera, qué ocurrió en el movimiento del coche eléctrico por la placa? El alumno respondió: *no tenía luz suficiente... estaba nublado...* (Dando a entender que necesitaba de la irradiación solar directa mayor para atender a las especificaciones del motor), en el diálogo se llegó a la conclusión que: *la energía para funcionar, y el motor para mover el coche exigía más luz* (el alumno ya había observado antes que la placa solar bajo efecto de la luz interna de la sala de energía hacía funcionar apenas pequeños componentes).

Volvimos de nuevo a preguntar: ¿Cómo ocurre internamente el fenómeno (lo que causa el efecto fotovoltaico)? El alumno para y piensa, pero, no se siente en condiciones de establecer un modelo conceptual por más simplificado que sea sobre las especificidades de este fenómeno. Lo que está comprobando los límites que necesitaríamos actuar delante de una mayor complejidad conceptual. Lo que muestra que algunos fenómenos trabajados durante la visita no tuvieron su complementariedad en la escuela delante de las dificultades ya narradas, que venían ocurriendo en el aula. Faltó la progresividad de la programación en la escuela y lectura científica para el dominio conceptual en conocimientos específicos de mayor complejidad. Este momento, mientras tanto, en la tercera visita, de observar el funcionamiento de la célula para el movimiento del coche en tiempo nublado, no fue desperdiciado para efecto de aprendizaje, en algunos fundamentos de naturaleza genérica.

El tiempo nublado también dificultó la interacción con los experimentos relativos a la transmisión de calor por irradiación solar (**experimento 8**) perteneciente a la “**clase de situaciones 2**”. Con el cielo encubierto podríamos delante de estos equipamientos apenas hablar de la importancia de la irradiación solar directa para el funcionamiento de la cocina solar, de la estufa y del calentamiento del agua. Mientras tanto, estas cuestiones ya habían sido trabajadas detalladamente durante la segunda visita y los alumnos demostraban mayor capacidad de comprensión (en un día en que existieron buenas condiciones de irradiación solar). También lo que había sido discutido en el aula sobre el asunto no mostró traer grandes dificultades para la comprensión de los alumnos. En la transmisión de calor lo que venía presentando mayor complejidad era la comprensión del efecto invernadero (un hecho que fue comprobado también en el primer estudio). Era un punto que presentaba ideas más abstractas de mayor complejidad conceptual.

En este proceso más interactivo de los alumnos del grupo separados por grupos, tuvimos contacto con más un grupo que pasó por el sector que actuamos. No disponíamos de tiempo suficiente para efectuar registros minuciosos en el acompañamiento de los alumnos de este grupo. Mientras tanto podemos decir que, exploramos los experimentos dentro de la misma argumentación. Con preguntas dirigidas al colectivo del grupo que mostraron ser respondidas dentro del mismo nivel de capacidad de respuesta que fue mostrado por el grupo anterior. Observábamos nuevamente que las respuestas a las cuestiones necesitaban de mucha negociación y se situaban más en los aspectos de naturaleza más general y concreta. Delante de los experimentos los alumnos conseguían expresarse apenas con pocas palabras en un lenguaje casi siempre muy simples y demostrando muchas limitaciones en el dominio conceptual. En el aprendizaje significativo crítico, el principio **del lenguaje como conocimiento**, caracteriza la importancia del dominio del lenguaje tanto para promover capacidad de expresarse cuanto para conocer el significado de un concepto científico.

En este período final de la 3ª visita, disolvemos los grupos que participaban en separado y pasamos finalmente a abordar para todo el grupo en conjunto, la termoeléctrica, que fue colocada en funcionamiento. Como trataba del fenómeno de generación por inducción (que ya había sido bastante trabajado), nuestro mayor empeño era en mostrar en este tipo de generación eléctrica, que existían dos etapas de transformación de energía (segundo consta en la **estrategia 2**). Justificando que esa era la razón de este tipo de generador por inducción tener una eficiencia considerada baja (que no llegaba a 20 % en la

transformación de la energía térmica primaria para la energía eléctrica secundaria; en la oportunidad comparábamos con la eficiencia de otro tipo de generador por inducción, en el caso de las hidroeléctricas, cuya eficiencia era considerada alta, ultrapasando a 60 %). Es importante recordar que nuestra programación buscaba siempre que posible colocar las proposiciones más generales e inclusivas: la ley de conservación de la energía y la ley que trata de la forma eficiente de como ocurren los procesos de transformación. Lo que estábamos intentando mostrar para los alumnos, en diferentes momentos de esta acción integrada, era una visión para el dominio conceptual de que estos dos principios permeaban todos los experimentos contenidos en la programación. Nuestra mayor preocupación, en esta investigación, en los dos estudios, frente a la mayoría de los experimentos, era identificar las formas de energías envueltas antes y después de cada proceso, asociando la conservación y la eficiencia y en la que en ellas ocurrían.

La última actividad interactiva y evaluativa en relación a la comprensión del contenido de la programación fue referente a los fenómenos mostrados por el generador electrostático utilizando la **estrategia 5**. Iniciamos por la descarga eléctrica entre la cúpula y una esfera conectada a un hilo conductor en aterramiento. Momento en que delante de todos preguntamos: ¿Por qué ocurre la descarga? Fue respondido por un alumno: *que estaba habiendo una diferencia de potencial*. Preguntamos, ¿Qué concepto tenéis de potencial eléctrico? Respondieron de forma negociada con nuestra mediación con conceptos diferenciados: *es el que presenta todo generador de energía...*; *es muy grande entre el generador y la esfera...*; *aparece cuando el generador es cargado...*; *es (algo) conectado la energía eléctrica* (el profesor del grupo justificó posteriormente que no había trabajado con ese concepto formalmente. Utilizando la definición del potencial eléctrico producido por una carga puntual). Referente a lo que fue respondido sobre la descarga eléctrica en el generador electrostático, para este nivel de escolaridad, los conceptos presentados de cierta forma atendían a la previsión científica sobre el fenómeno observado. En seguida preguntamos: ¿Cómo ocurre la descarga? ¿El aire es considerado un medio aislante? Responden con la ayuda, bajo nuestra mediación, colocando: *no existe aislante perfecto... existe una alta tensión en el generador eléctrico* (se referían a una alta diferencia de potencial comparada con la de nuestra red eléctrica). Continuamos preguntando: ¿Por qué el generador electrostático no era una forma usual de generación de electricidad para consumo? Respondieron simplemente: *por su alta tensión* (en la continuidad en el diálogo no supieron relacionar las limitaciones de potencia eléctrica producida en esta forma de generación). Después de ser negociadas estas respuestas daba tiempo de atender al interés

mayor despertado en los alumnos, que era el escalofrío de los pelos al contacto con el generador (fenómeno ya muy divulgado y conocido por ellos). Preguntamos en el momento en que era mostrado el fenómeno: ¿Por qué los pelos se levantan? Respondieron: *cargas de misma señal se repelen* (Omitiéndose de describir el proceso de electrización de la persona en contacto con el generador, que a nuestro ver algunos alumnos sabrían describir bajo nuestro auxilio en la mediación). Tuvimos que concluir el abordaje en el generador por el hecho del profesor informar que algunos alumnos tenían que retornar a la escuela, por estar llegando la hora de que sus padres los iban a recoger en la escuela.

Vamos mostrar ahora lo que ocurrió con los otros grupos acompañados que envolvía otros experimentos. En el grupo en que participó el profesor, él demostró preocuparse más en mostrar el funcionamiento y abordar los experimentos, de que explorar preguntas y justificativas de los alumnos para saber la comprensión que tenían de los fenómenos. Por otro lado, ya observamos sobre las dificultades mostradas por los alumnos con el lenguaje en sus argumentos y colocaciones. De forma que no tenemos registros sobre la interacción de los alumnos con los experimentos en el sector en que el profesor actuaba. En el sector en que el monitor actuó, con relación a los experimentos sobre inducción magnética, en la interacción ocurrida en el tratamiento de la ley de Lenz, una parte de los alumnos asoció que el aumento del esfuerzo era en función del aumento de trabajo en razón del mayor consumo de energía eléctrica existente (preocupándose con las transformaciones de energía envueltas en cumplimiento a la ley de conservación). Otra interpretación registrada por el monitor justificaba el aumento de consumo de energía eléctrica apenas por la necesidad de aumento de esfuerzo, sin la preocupación con el trabajo realizado (sin preocuparse con las transformaciones de energía envueltas). En el relato del monitor, la mayoría de los alumnos mostraba tener la comprensión de la ley de Lenz, en el sentido de asociar la dificultad en razón del efecto contrario a causa. Pero, una parte de los alumnos conseguía asociar la ley de conservación de la energía en el proceso de transformación, mientras que otra parte de los alumnos no efectuaba esta asociación.

### **6.2.11 Las entrevistas.**

La entrevista en este segundo estudio tenía el mismo propósito de buscar una información individualizada entre los elementos del grupo frente a lo que fue visto en la exposición y desarrollado en el aula. Inclusive siendo individuales ocurrieron en pequeños grupos entre dos a seis elementos entrevistados simultáneamente, siendo permitido, algunas veces, la interferencia y contribución entre entrevistados.

Las entrevistas también se constituyen en un momento de instrucción para el alumno una vez que, provocábamos como mediador que ellos busquen inclusive de forma negociada encontrar respuestas a los cuestionamientos efectuados. Era un momento de averiguar el comportamiento del aprendiz como perceptor/representador. Un momento en que, de verdad el alumno no se siente seguro por la ausencia, falta de recuerdo o poca madurez en el conocimiento programado tendrían que preguntar y explicitar sus ideas tendría que esclarecer su comprensión sobre lo que habían visto y aprendido. Para eso, existía la intención del especialista de efectuar colocaciones sobre el fenómeno técnico-científico de la exposición y estimular preguntas cuando necesario. Lo que podría ocurrir en razón de la dificultad inmediata de respuesta del alumno. Por la necesidad de orientarlo, recordarlo o despertarlo en una negociación para obtener una respuesta favorable al saber que ellos pensaban y las dudas que tenían sobre el asunto. Los cuestionamientos efectuados también seguían una formulación flexible en consonancia con la dinámica de las respuestas y con el lenguaje expresado en el discurso del sujeto. De esta manera, el nivel emprendido de intervención del especialista en la negociación de respuestas, era adosado por el posicionamiento asumido por el entrevistado en la cualidad de las repuestas proferidas.

Igualmente al procedimiento efectuado en el estudio anterior, quedaron establecidos los mismos criterios clasificatorios del desempeño del alumno en la entrevista. Vale recordar que la entrevista en la investigación cualitativa, exige una secuencia lógica de procedimientos en los cuestionamientos efectuados a los alumnos. Para que podamos validar las informaciones relevantes necesarias que vengan a estar contenidas en la mente de los alumnos sobre el contenido de la programación. El referencial teórico utilizado sobre los experimentos de la exposición dentro de nuestro recorte, sobre el tema energía, fue el filtro a través del cual elaboramos lo que iba a ser cuestionado. Las indagaciones y preguntas trazadas que guió la entrevista fueron efectuadas dentro de los objetivos propuestos. Sobre lo que había ocurrido en el campo de investigación.

No fue efectuada una selección previa de las personas a ser entrevistadas. Esta secuencia quedo condicionada a la disponibilidad de los alumnos del grupo. La participación de los alumnos para obtener las informaciones relevantes era voluntaria. Pero, nuestra intención era la de entrevistar más de la mitad del grupo. Nuestra previsión inicial era envolver entre 12 y 20 alumnos que hayan participado de todas las actividades.

En la entrevista durante el diálogo de negociación de las respuestas necesitaba existir una similitud de interlocuciones entre entrevistador-entrevistado. En que, el entrevistador debe penetrar en la existencia para el hecho en cuestión del entrevistado, para que el entrevistado pueda evaluar las razones del interlocutor. Para extraer los subsidios relevantes, hacer con que el entrevistado pueda criar una imagen, un modelo mental, que se establezca como una identidad en la descripción del fenómeno. En esta trama de busca de relaciones negociadas, se exigen esfuerzos, procedimientos y actitudes, dentro de límites donde cada uno pueda llegar al desempeño de sus papeles. La idea es la de que, con el auxilio recibido, el alumno pueda seleccionar y organizar el contenido existente en su estructura cognitiva para responder. Lo que va a requerir recuerdos, sentimientos, lenguaje, conceptos, proposiciones, procedimientos y actitudes, exigiendo así una potencialidad cognitiva para esclarecer el hecho.

En este proceso de negociación pueden existir inicialmente respuestas traídas de las observaciones puras, simples y pensadas a través de modelos mentales económicos. En que se representa el hecho sin expresar significados científicos. Lo que aleja al alumno de la posibilidad de fornecer una información relevante en concepto y proposición relativa a la programación. En estos momentos el entrevistador necesita ejercer un control a través de recursos metodológicos apropiados que puedan reflejarse en estímulos a una reformulación del error en la respuesta del entrevistado. Lo que puede llevar a que sea atendido el principio **del aprendizaje por el error**. Momento en que se puede llevar al entrevistado a efectuar una mejor reflexión, para averiguar donde se puede llegar. Así delante de un error buscamos invertir en el fornecimiento de informaciones relevantes próximas a una justificativa científica en este nivel de enseñanza.

Siguiendo la misma estrategia del estudio anterior, buscamos mantener un relacionamiento armónico que demuestre afectividad, respeto, buena intención y consideración, independiente del desempeño del alumno en las respuestas. En este grupo de edad de la adolescencia, los impactos y las preocupaciones mostradas por los alumnos eran mayores. El hecho de tener que ser entrevistados por un especialista de fuera del ambiente

escolar, mostraba efectos en el estado psicológico de los alumnos mayores que en el primer estudio. Aún delante de alguna convivencia que mantuvimos durante la acción integrada, la mayoría de ellos, se mostraba preocupada y no se sentían a gusto, ni seguros para individualmente ejercitar sus razones sobre lo que conocían del asunto. Había así inicialmente una indisponibilidad a dar las entrevistas, y tuvimos mucha dificultad de ir buscar un tiempo disponible. En razón de este condicionamiento, buscamos efectuar la entrevista con la participación de los alumnos en pequeños grupos (entre dos a seis personas) de acuerdo con sus afinidades y disponibilidad.

Trabajamos con cuatro grupos de entrevistados en un total de 14 alumnos. El primer grupo (envolvió cuatro **alumnos: 02; 03; 08; 17**), y ocurrió un poco antes de la tercera visita. El segundo grupo (envolvió cinco **alumnos: 08; 09; 19; 21; 22**) y ocurrió después de la tercera visita. El tercer grupo (constaron de cuatro alumnos, los : **03; 05; 16; 18**) y ocurrió después de la tercera visita. El cuarto grupo (envolvió **alumnos: 01 y 13**) y también fue realizada después de la tercera visita. Teníamos el interés en concentrar el mayor número de entrevistados para después de la tercera visita. Y también, conseguimos re-entrevistar dos alumnos (los : **03 y 08**) del primer grupo después de la tercera visita, que se mostraron disponibles en el período de cita para una segunda entrevista. Buscamos entrevistar a todos los alumnos luego después de haber ocurrido la tercera visita. En razón de no perder por olvidar informaciones relevantes en detalles y especificidades del contenido de la exposición. Efectuamos esas entrevistas en tres aulas subsecuentes a la tercera visita. En el mismo período en que estuvimos aplicando las tres últimas evaluaciones escritas en la escuela.

En nuestro procedimiento buscamos al inicio de las entrevistas con el grupo, crear un clima favorable y para eso, iniciábamos, dentro de lo posible, buscando informaciones de interés más amenas cuanto al interés en visitar a la exposición, en oír la opinión personal de cada uno cuanto al hecho de la exposición hacer parte de su programación escolar de la asignatura Ciencias. Preguntamos también sobre el interés despertado por la asignatura y para con la Física. La continuidad fue la fase de evaluar la capacidad de expresar información relevante relativa a la problematización de los experimentos. Para eso normalmente iniciábamos preguntando sobre lo que le había llamado más la atención entre los experimentos visitados dentro de nuestro recorte. En razón de su interés y colocaciones, procurábamos explorar el dominio conceptual relativo a ese experimento. Las informaciones relevantes eran en relación al dominio de hechos, conceptos y proposiciones,

también eran observados los procedimientos y actitudes frente a las cuestiones colocadas en aquel momento, sobre la programación. Normalmente versaban sobre: las energías envueltas en las transformaciones, la justificativa teórica de un fenómeno, la conservación de la energía, la eficiencia y el sentido con que ocurría el proceso, entre otras cuestiones exploradas dentro de las características técnico-científica de la programación. En la secuencia, preguntábamos sobre cuales eran las formas de generación de energía eléctrica que fueron vistas en la exposición. Dependiendo de las respuestas y del propio rumbo tomado por la entrevista, también explorábamos los experimentos que envolvían el calentamiento por irradiación solar.

En la entrevista de algunos alumnos, buscamos también explorar la existencia del aprendizaje momentáneo (*insight*) durante la visita, o si ocurrió este hecho en algún momento de la programación escolar. Buscamos también en momentos oportunos de diálogo, buscar informaciones relacionadas a problemas ambientales o socioeconómicos, explorando el contenido de normas y valores en relación al experimento que estábamos tratando. También no podíamos huir de dialogar en relación a otros experimentos, fuera de nuestro recorte, cuando había el interés de saber sobre los fenómenos relativos a los mismos. Aún no estando dentro de nuestro recorte, buscábamos los puntos para el abordaje que de alguna forma se relacionaban a la fundamentación teórica que estábamos explorando.

Para análisis de los resultados de la entrevista, establecemos las categorías de clasificación para evaluación. A partir de ahí, colocamos cada entrevista dentro de una categoría de clasificación utilizada en el estudio anterior. Recordando que, por información relevante debe ser comprendido en nuestro referencial teórico de la psicología educacional, el contenido en la estructura cognitiva: en conceptos y proposiciones (electos en el cuerpo de la programación de mayor relevancia) y en potencialidades cognitivas (los procedimientos y actitudes para responder). En la clasificación de desempeño de las entrevistas, las cuatro categorías utilizada fueron: (1) la de los más capaces en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación; (2) la de los con capacidad intermediaria en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación; (3) la de los menos capaces en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación; (4) la de los incapaces en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación.

Los entrevistados en el grupo, que en función de sus desempeños en las entrevistas se encuentran distribuidos por las categorías mostradas abajo en la **tabla-6** de resultados.

**Tabla-6: Resultados de las Entrevistas de 14 alumnos del grupo.**

CATEGORÍAS DE DESEMPEÑO	ALUMNOS ENTREVISTADOS	FRECUENCIA RELATIVA (%)
1) más capaces en informaciones relevantes.	03; 05; 16	3 (21 %)
2) capacidad intermediaria en informaciones relevantes.	08; 09; 18; 19; 21	5 (36 %)
3) menos capaces en informaciones relevantes.	01; 02; 13; 15; 17; 22.	6 (43 %)
4) incapaces en informaciones relevantes.	ninguno	nula

Todos los entrevistados visitaron tres veces a la exposición de experimentos. En la clasificación efectuada en la **tabla-6**, la frecuencia relativa a los entrevistados muestra que ningún alumno tuvo el perfil en el desempeño en la entrevista de ser incapaz en promover informaciones relevantes de la categoría (4), al contrario del primer estudio donde aproximadamente 50 % de los 31 alumnos entrevistados estuvieron dentro de esta categoría. Llegamos a tener en el estudio actual tres alumnos con un perfil de más capaz en informaciones relevantes, lo que corresponde a 21 % de los entrevistados. Mientras que en el primer estudio, ningún entrevistado consiguió se situar en esta categoría. En este segundo estudio ocho alumnos (lo que corresponde a 56 % de los entrevistados), demostraron una capacidad en nivel intermediario para el nivel de más capaz en informaciones relevantes, lo que atiende a nuestros objetivos y promueve nuestras hipótesis iniciales relativas apenas a los entrevistados. El resultado muestra una grande diferencia favorable al segundo estudio en comparación con lo que ocurrió en el primer estudio. En que tuvimos 87 % de los

alumnos entrevistados mostrando que no se encontraban preparados satisfactoriamente a través del trabajo desarrollado en la acción integrada.

Como puede ser visto las categorías (1) y (2) establecidas en la sistematización de los resultados de la entrevista, forman nuestro límite divisor, para evaluar un comportamiento favorable considerado satisfactorio de un insatisfactorio, delante de la programación de la acción integrada. Así el estudio actual apunta en favor un poco más de la mitad de los alumnos del grupo, en promover informaciones relevantes en relación a las cuestiones y problemas colocados. Un desempeño bien más favorable del primer estudio. Lo que muestra como una afirmación favorable a la importancia y utilidad de la acción integrada. Es necesario llevar en cuenta que eran realidades diferentes de estructura administrativa y didáctico-pedagógica, que eran diferentes en grados de escolaridad, y realidades sociales diferentes (que deben traer diferencias en interés socioeconómico y científico-cultural a la formación educacional). De cierta forma, a pesar de los resultados de las entrevistas haber favorecido mucho más al grupo investigado en el segundo estudio, en las entrevistas del primer estudio, también fue mostrado que existe un número pequeño de alumnos que consiguieron superar los obstáculos mostrando capacidad interpretativa y respuestas favorables.

Para dar una idea más detallada de esa interpretación y clasificación de desempeño mostrado en la **tabla-6**, como ya efectuamos en el primer estudio, estamos narrando algunas entrevistas como ilustración. Estamos en esta narrativa buscando apenas, mostrar los puntos de interés de las respuestas en que, la información pasada, acrecentaba en algún aspecto, lo que estábamos investigando. Queremos observar que, durante la narrativa existen registros importantes que necesitan ser comparados a través de una triangulación con otras pruebas documentales escritas. Debe ser comparada también con el acompañamiento cualitativo de lo que ocurrió durante las visitas, y con las informaciones presentadas por el profesor en nuestras reuniones de trabajo. Buscamos también presentar una narrativa que siguió la misma línea con que procedemos en el primer estudio. En que se buscó efectuar la triangulación que asociaba la interpretación del investigador con otros registros. También, algunas veces, existió la necesidad de colocar algunas consideraciones e interpretaciones del entrevistador, en separado o discriminadas. Eran observaciones relativas a la entrevista en sí, o las partes relevantes del diálogo entrevistado-entrevistador, en el sentido de buscar los elementos potenciales de información relevante. El objetivo era averiguar si en la justificativa presentada por los alumnos a los fenómenos, había

argumentos para reunir elementos que solucionen totalmente, parcialmente, o inclusive que no solucionen. Asociada al hecho de haber existido un menor o mayor auxilio del mediador en la negociación de respuestas. Este estudio presenta una cantidad de entrevistas narradas, proporcional a lo que ocurrió en el primer estudio. A seguir mostraremos las narrativas de las entrevistas por el orden que fueron efectuadas y dentro de cada clase en que fueron evaluadas.

**Alumnos más capaces en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación (categoría 1):**

**Alumno 03:**

Este alumno tuvo dos momentos de entrevista: uno antes de la tercera visita con una participación simultánea con los **alumnos: 08, 02, 15 y 17**. El alumno en la primera entrevista informó que, ya había ido a las dos primeras visitas y no quiso hacer comentario cuanto a la colocación inicial efectuado dentro de este grupo de entrevistados de que no le pareció interesante el hecho de la segunda visita haber ido a ver nuevamente los mismos experimentos del recorte en la sala de energía. Mientras tanto se refirió que: *también era bueno también ver cosas nuevas*. En este aspecto estaba siendo mostrada una falta de comprensión del significado de la sucesión de visitas y colocaba en duda el trabajo que el profesor venía efectuando en la escuela en el sentido de exploración de los experimentos visando la valorización de la participación en la visita subsecuente.

Preguntamos: ¿Cite entre los experimentos, qué te llamó más la atención? citó sobre: *la lámpara de plasma* (que no se encuentra incorporado en nuestro recorte, a pesar de estar asociado al tema energía, envolviendo diversas grandezas inherentes al tema que estamos estudiando). Preguntamos nuevamente: ¿Cuál es la fundamentación teórica relativa al fenómeno observado? Colocó: *tiene a ver con electrones... sentí un choquillo... Luego pregunté ¿Por qué el choque? El alumno colocó (en la negociación con el especialista) la afirmación de que: era a d.d.p. producida... y continuando con la respuesta: cuando yo toqué, para haber corriente tiene que existir (d.d.p.)*. Observamos en el diálogo que el alumno conseguía asociar la necesidad de la diferencia de potencial tanto en la descarga eléctrica de la esfera central para el involucro de vidrio en la periferia de la lámpara, cuanto de esta periferia para el cuerpo de la persona para caracterizar la corriente sentida (que estaba siendo asociada al efecto fisiológico del choque eléctrico) por el toque con la mano. A pesar de este experimento no constar directamente de nuestro recorte, puede ser

observado que, el fenómeno se encuentra directamente relacionado a la descarga eléctrica y al choque experimentado delante del generador electrostático (**experimento 7**), siendo esta la mayor razón, resolvemos explorar la iniciativa del alumno. Este alumno ya había interferido en la entrevista del **alumno 08**. Cuando preguntamos ¿Cuáles son las formas de generar energía eléctrica? Respondió que el efecto fotovoltaico se trataba de un efecto térmico. En el sentido que la transmisión de calor causado por la energía solar justificaba el fenómeno. Fue cuando el **alumno 03**, aquí entrevistado, en la oportunidad, entró en el diálogo con la siguiente interrogación: *¿La luz solar como el coche eléctrico va a funcionar?* Colocamos que si recuerda de lo que había ocurrido en la vivencia experimental con la célula en la sala de energía, pregunté: *¿Sí reducíamos el efecto de la luz ambiente de la sala sobre la célula a la corriente observada por el amperímetro aumentaba o disminuía?* El alumno respondió: *que disminuía*. Preguntamos de nuevo, *¿Por qué denominamos entonces el efecto de fotovoltaico?* El alumno expresó que: *los fotones son de la luz...* y el término voltaico inicialmente atribuye a: volts (en el sentido de la luz causar ddp en la electrificación provocada en la célula). Para después en el diálogo referirse: *...la energía potencial eléctrica*.

Abordamos sobre otro fenómeno, preguntando: *¿Qué ocurre en la generación por inducción magnética a partir del movimiento del imán próximo al núcleo de la bobina (**experimento 4**)?* El alumno no se pronuncia, y de nuevo pregunté: *¿A qué ley está asociado el fenómeno?* El alumno se desvía del asunto refiriéndose a: *Einstein en la formulación que la energía...* y cita: *el producto de la masa por la velocidad al cuadrado* (utilizó la fórmula:  $E = m c^2$ ). En el diálogo, efectuamos la corrección de que el fenómeno de inducción no se encuentra relacionado a descubrimientos de Einstein. Encerramos la conversación con este alumno, y sólo volvimos a dialogar con el mismo después de la tercera visita, en una segunda entrevista en grupo, juntamente con los **alumnos: 05, 16 y 18**. En esta segunda entrevista solicitamos que, cuando se refiere a los experimentos no salga más del recorte, citando otros experimentos que no estuvimos trabajando en nuestra programación. Preguntamos *¿Qué más te llamó la atención en esta visita?* El alumno respondió que: *fue el generador electrostático y la placa solar*. Luego preguntamos: el generador, *¿Sólo porque hacía subir los pelos de las personas?* Responde: *no, porque genera mucha energía y mucha carga*. Preguntamos en seguida: *¿Tiene mucha carga?* y *¿También tiene mucha potencia?* Responde: *tiene poca potencia...* Preguntamos en la secuencia *¿Daría para funcionar una casa?* Responde que: *no tiene condiciones de alimentar una casa...* Preguntamos *¿Daría para alimentar un circuito?* *¿Generar corriente lo suficiente*

para alimentar un aparato eléctrico? Responde: *no... Genera poca corriente*. Pregunté de nuevo: ¿Entonces la descarga eléctrica producida tiene poca corriente o mucha corriente? Responde: *tiene poca corriente* (siendo coherente o efectuando una analogía con lo que había afirmado anteriormente, cuando respondió sobre si daría para funcionar un aparato eléctrico). El alumno demostró hacer una relación y diferenciación en el generador electrostático entre los conceptos de carga y corriente (en el sentido de no existir necesariamente una relación directa entre la intensidad de las dos grandezas). Mostró también conocer el concepto de potencia en los generadores eléctricos en el sentido de efectuar una relación directa con la corriente y de no efectuar con la carga. A nuestro ver, para responder a estos cuestionamientos satisfactoriamente el alumno estaría mostrando que tenía una comprensión más amplia de la función e importancia del concepto de potencia en la tecnología, en el funcionamiento de los generadores en la alimentación de circuitos y aparatos eléctricos.

En la continuidad de la entrevista de este alumno, abordamos sobre la placa solar (experimento que citó antes, y que también le había llamado la atención). Pregunté: ¿Expresé su interés en la placa solar? Responde: *no entiendo mucho, porque el hombre a pesar de tener una mejor forma de generar electricidad, no lo utiliza para preservar el medio ambiente*. Luego se efectuó una intervención en el sentido de llevar a una comprensión de este hecho de interés técnico-científico y razón socio ambiental (Que es normalmente discutido como estrategia didáctica en el momento de la exposición). Preguntamos: ¿Te recuerdas que el costo de la fabricación era muy alto en la utilización de las células en la exposición (en la sala de energía y en la casa ecológica)? El alumno afirma que: *recuerdo sí* (y en este momento se conectó a un recuerdo de un hecho pasado, en que no se había envuelto lo suficiente, al momento de la entrevista y la misma auxiliándole para alcanzar un *insight*, demostrando haber conseguido encajar sus ideas). Preguntamos en la secuencia: ¿Cómo es la eficiencia de estas células? El alumno no cita esta eficiencia en porcentaje, pero demuestra tener la comprensión cuando colocó que: *...aún es baja*.

Por último preguntamos al alumno ¿En algún momento durante la visita o en el aula, hubo algún tipo de aprendizaje súbito en lo que fue demostrado? (hicimos antes una breve consideración de lo que se trataba el *insight*). El alumno respondió: *aquella disipación de energía* en el *loop* (tratábamos la cuestión del experimento del *loop* como un problema de conservación de energía por aproximación y también nos referíamos al exceso de energía mecánica utilizada para efectuar el procesamiento y en razón de eso trabajar en

función de la sobra de energía, y aún en razón de la energía mínima necesaria. Por su vez, ya habíamos mostrado, en el experimento de oscilación que viene asociado al sistema del *loop*, que la disipación era pequeña. Pero en la intención de averiguar si el alumno se había expresado mal en la utilización de la palabra “disipación”, donde podría estar cambiando o confundiendo este término por el término “transformación entre los tipos de energía mecánica” o aún atribuyendo disipación a la reducción de la energía potencial para encontrar el nivel de minimización de esta energía. Como el alumno ya había mostrado un buen dominio conceptual en las respuestas del **cuestionario-1** de conceptualización), resolvemos, argumentar de nuevo preguntando: ¿Está disipación era pequeña o era grande? Durante la negociación de la respuesta con el entrevistador, el alumno iba dándose cuenta que se había expresado mal, dejando a entender con sus palabras que: *hice una ligera confusión...* (Queriendo decir que había usado el término “disipación” en el lugar de “minimización”). Una vez que, pretendía expresar la menor energía mecánica de donde la esfera sería suelta para aún permitir a la misma efectuar el *loop* (dar la volta por encima). A pesar de este cambio en la terminología que puede ser asociada a la falta de madurez que demostraba en el dominio del lenguaje que debería expresarse, el alumno en aquel momento, en que acompañaba el experimento en la visita, mostró haber despertado para una noción de límite mínimo. Comenzando a tener una noción que en el proceso de transformación de energía para provocar un evento, podría ser caracterizado por la energía mínima para tal, una noción adquirida momentáneamente por el alumno que quiso atribuir a un momento de *insight* (con lo cual concordamos, a pesar de los equívocos iniciales ocasionados por una falta de madurez en el lenguaje utilizado). En el aprendizaje significativo el *insight* se encuentra previsto en el aprendizaje por descubrimiento. En esta investigación estuvimos acompañando esta posibilidad durante las visitas efectuadas a los experimentos del Centros de Ciencias.

Como comentario final, en nuestra **estrategia1**, de abordaje de este experimento, la minimización de la energía era un punto importante de cuestionamiento, que también fue explorado en nuestro cuestionario de problematización. El hecho de la necesidad de abordar sobre la existencia de una energía mínima en nuestra estrategia (es decir, de una altura mínima), necesaria a desarrollarse el fenómeno, realmente debería ser un punto de mucho interés para reflexiones, que se comprueba en la entrevista de ese alumno. Creemos que en nuestra forma de proceder en la estrategia de ir reduciendo la energía potencial gravitacional inicial y cuestionar si el *loop* sería o no efectuado, con sobra o sin sobra energética, hasta minimizar el efecto de procesar el *loop*, muestra que a través de un

fenómeno simples se puede, a veces, extraer algo muy provocante para el dominio conceptual. Un momento de reflexión que hasta puede despertar para un aprendizaje súbito. Una proposición que también podría ser llevada para otros contextos más complejos en diferentes formas de transformaciones de energía que estábamos buscando mostrar para los alumnos en la visita a la exposición. El concepto de que todo evento necesita de una cantidad mínima de energía para su ocurrencia, es un detalle que se muestra muy importante en la comprensión del tema. Del mismo modo como consideramos la comprensión del alumno para el concepto de conservación de la energía como algo que se encuentra subyacente a todas las asociaciones efectuadas envolviendo transformaciones de energía, la necesidad de incorporación de la energía mínima por el alumno, envolviendo todos los procesos de transformación, es algo que también necesita ser considerado.

#### **Alumno 16:**

Pregunté inicialmente: ¿Cuál es la importancia de la acción integrada en la visita a los experimentos integrados de la programación escolar? El alumno responde: *que fue importante y considero como una experiencia que despertó el mayor interés en dedicarse más a la asignatura*. Pregunto: ¿Cuál es la importancia de contextualizar más la programación de la escuela con cuestiones relacionadas del día a día? El alumno responde que: *me pareció un procedimiento interesante*.

En seguida pregunté: ¿Qué te llamó más la atención en relación a los experimentos? El alumno respondió: *que el generador causó mayor impacto*. Preguntamos: ¿Cómo se explica los fenómenos allí observados? El alumno responde: *era una forma de energía... el generador electrificaba... el cuerpo electrificado es un cuerpo cargado... las energías existentes de naturaleza potencial*. Interferimos preguntando: ¿Gravitacional o eléctrica? Afirmó que: *eléctrica...* (Pero habiendo colocado antes que era electromagnética para luego después en el diálogo, reformular el término utilizado). Preguntamos en seguida ¿Algún circuito en tu casa puede funcionar con la utilización del generador? El alumno respondió: *...en su eficiencia se genera poca energía...* (Y en la secuencia en la negociación complementó)... *el tiene baja potencia eléctrica*. Intervenimos preguntando: ¿La potencia era un parámetro limitador en el funcionamiento de todo el generador de energía? El alumno responde que: *sí...* (Demostrando comprensión con esta afirmación). En la secuencia preguntamos: ¿Qué otro experimento te ha llamado la atención? El alumno responde: *el del loop...* cuando se le preguntó: ¿Y la energía envuelta? Responde que: *sólo era mecánica... se transforma de energía potencial para energía cinética*. Preguntamos: ¿Hay trabajo siendo realizado?

Responde que: *había trabajo*. Luego se le preguntó: ¿Cuál es el concepto de trabajo?  
Responde: *necesita de fuerza y de dislocamiento...* (Demostrando tener la comprensión del concepto).

En la secuencia, preguntamos: ¿Qué otro experimento te despertó atención?  
Responde: *fue... no me recuerdo... aquella parte que el bastón (bastão) (imán) caiga por 2 tubos* (se refería a un experimento asociado a la que ya hicimos referencia denominado de freno por inducción magnética); preguntamos: ¿Cuál es la ley que justifica este experimento? Como el alumno no conseguía inicialmente responder cuestionamos otro experimento sobre inducción magnética; preguntamos: ¿Cuándo se movió la manivela, en los experimentos del generador por inducción magnética (utilizando la **estrategia2** de la visita), el esfuerzo aumentaba o era lo mismo, en la manivela? El alumno afirmó que: *aumentaba*; argumentamos/preguntando (en la negociación): ¿No sería eso que causó el freno en el bastón (imán), al bajar lentamente por el interior del tubo de aluminio? (mientras que el mismo bastón (imán) bajaba de manera diferente en su caída libre por el interior del tubo de plástico). El alumno interconectaba los fenómenos conceptualmente para responder dejando claro que: *sí... es el mismo fenómeno*. Preguntamos en seguida: ¿Qué ley estaba asociada a esos fenómenos? El alumno no se recordaba. Hicimos referencia a Faraday en el sentido de tratar la inducción y a Lenz cuanto a la dificultad criada por la inducción para la generación de energía eléctrica... continuamos preguntando: ¿Cuál es la relación del aumento de esfuerzo en accionar la manivela del generador por inducción con la cantidad de componentes en funcionamiento en el circuito? Responde: *quedo claro para mí que cuanto más era el componente del circuito, mayor era el esfuerzo...* continuamos preguntando: ¿Era apenas el esfuerzo aplicado o algo más? Cuando respondió después de la negociación: *tiene que tener más energía mecánica* (a nuestro ver, estaba asociando el aumento de la energía al aumento de la intensidad de trabajo, es decir, efectuando una asociación entre trabajo y energía).

Pregunté: ¿Existió aprendizaje súbito durante la visita o en el aula (con una breve exposición de que se trataba e como ocurría)? El alumno respondió refiriéndose al experimento de la manivela, colocando que: *en el momento que estaba en el movimiento la manivela queda más claro la relación entre la cantidad de componentes conectados en el circuito y el mayor esfuerzo en el accionamiento de la manivela...* (refiriéndose a que eso fue despertado allí en el momento de la exposición al mover la manivela). Preguntamos ¿Qué estaría asociado al esfuerzo en dislocar la manivela para generar electricidad?

Responde que: *La energía (generada) está asociada al trabajo...*, preguntamos nuevamente sobre: ¿Cuál es el significado de trabajo? El alumno reafirma: *es el esfuerzo con el desplazamiento*. Preguntamos: ¿De dónde vino la energía, cuando accionaste la manivela? El alumno inicialmente se mostró inquieto. Reformulamos preguntando: ¿Por qué necesitas alimentarte para vivir? Responde: *por causa de la energía* (y en la negociación quedó subtendido que la misma era extraída de los alimentos). Esa era una cuestión que el profesor mostró interés en trabajar en el aula cuando efectuó una introducción a los conceptos de termodinámica: temperatura, calor y energía térmica, y las dos leyes trabajadas (la conservación y la del sentido y eficiencia de los procesos), cuando buscó referirse al tenor calórico existente en los alimentos y la eficiencia del cuerpo humano en efectuar algunas funciones.

Continuando a abordar ese punto, preguntamos: ¿toda tu energía o trabajo realizado para accionar la manivela, había sido transformado en energía eléctrica? El alumno responde: *que la transformación es parcial*. Preguntamos, ¿Cuánto es la eficiencia? Responde: *unos 70% para arriba*. Pregunté: ¿Esa estimativa es alta o baja? El alumno responde: *...es alta...* (La respuesta estaba correcta en razón de los estándares establecidos en la tecnología de los generadores). Complementamos para el alumno que la eficiencia del cuerpo humano, en la transformación de la energía de los alimentos en energía para ejercer diferentes funciones, es considerada baja entre 10 a 15 %). En la secuencia continuamos a explorar la eficiencia en otros experimentos de la programación, preguntando: ¿En la célula solar la eficiencia es alta o baja? Responde: *es baja...* y como no daba la continuidad a la respuesta, pasamos a negociarla y al final se recuerda de afirmar que: *sería 15%...* en la secuencia preguntamos: ¿Y en la pila la eficiencia es alta o baja? Responde que: *es más alta que la eficiencia de la célula solar...* (No consiguiendo referirse a una estimativa numérica en porcentaje). Luego se le preguntó (para encerrar la entrevista): ¿Cuál es el fenómeno que justifica la generación eléctrica en la célula solar? El alumno responde: *efecto fotovoltaico...* (pero en la continuidad mostraba no saber describir como la energía luminosa a través de los fotones interfería en el proceso de generación de electricidad). El alumno ya se mostraba cansado, una vez que, debido a su predisposición, ya se le había explorado bastante en busca de informaciones relevantes. En nuestra evaluación, esa fue la entrevista que generó mayor aprovechamiento en explorar la experiencia adquirida en la acción integrada. Como este alumno quedo para el final entre los entrevistados de ese grupo (en que también constaban **los alumnos: 03, 05, y 18**), él actuó libre de la interferencia de los compañeros que fueron saliendo para casa al término de sus entrevistas (estábamos entrevistando ese

grupo al final del período de la mañana, dentro del horario normal que ellos frecuentan la escuela).

**Alumnos con capacidad intermediaria en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación (categoría 2):**

**Alumno 08:**

Este alumno tuvo dos momentos de entrevista uno antes (con los alumnos relacionados en la entrevista del alumno 03) y otro después de la tercera visita (donde participaron del grupo de entrevistados los **alumnos: 09, 19, 21, y 22**). En la primera entrevista preguntamos: ¿Qué interés y afinidad estás teniendo en relación a Física? (ya que el alumno estaba estudiando en la acción integrada entre la exposición y la asignatura ciencias). Respondió: *me gusta y tengo afinidad... al inicio me gustaba más porque formalizaba menos*. Cuando pido esclarecimiento y le pregunto ¿El profesor estaba formalizando más? Responde: *ahora él estaba formalizando más...* (Dando a entender que ese procedimiento le trae mayores dificultades ya que el profesor estaría utilizando un abordaje con mucho formalismo matemático, mucho más de lo propuesto para la realización de la acción integrada). El alumno en este momento también se refirió a la impresión que estaba teniendo de las dos visitas hasta entonces efectuadas. Refiriéndose a que: *después de la primera ya fue una repetición...* (refiriéndose a la segunda visita)...*si hubiese alguna cosa nueva...qué sé yo...habría más interés*. Coloqué para el alumno que en el primer estudio con los alumnos de la secundaria, nadie había hecho esta observación y tampoco se había referido a este hecho. Pero, recordé al grupo que en la segunda visita mostramos los experimentos que envolvía la irradiación solar en el parque externo de la casa ecológica (que apenas habían dado un ligero pasaje en la primera visita en la observación de algunos fenómenos). Pero dos compañeros que se encontraban presentes a espera de ser entrevistados externaron esa misma opinión. Lo que estaba en aquel momento siendo mostrado era el hecho de ser desnecesario y no interesante revisar los mismos experimentos de la sala de energía, nuestro principal enfoque dentro del tema. Por el nivel de comprensión que estaban teniendo en aquel momento, y la razón de llevarlos por dos veces a visitar los mismos experimentos, estos alumnos estaban demostrando no haber entendido cual era la perspectiva de nuestro trabajo utilizando la repetición visando una consolidación relativa al contenido establecido para promover la acción integrada.

Necesitamos en este momento de la narrativa de esta entrevista, abrir un paréntesis para una consideración ocurrida en el testimonio de algunos alumnos (aún que esta visión no sea extensiva a todo el grupo). Ya habíamos iniciado a reportar sobre esta problemática en la entrevista del **alumno 03**, que comenzaba a indicar que el trabajo que el profesor venía efectuando con los alumnos en la escuela no era lo suficiente a que todos ellos llegasen a la exposición con más conceptos subsunsores en lo que iban a participar. Por lo menos esos alumnos no estaban consiguiendo ver la relación de los experimentos con la programación de la escuela y con eso no tenían la comprensión de la necesidad de retorno a los experimentos. En la acción del profesor había que ser mostrado para los alumnos el sentido de la ampliación progresiva de sus conocimientos. Lo que podría ocurrir con la colocación de más discusiones en la escuela para la profundización del estudio. Para motivarlos, en aquel momento, argumentamos que en la tercera visita ellos podrían visitar también los experimentos de otra sala de exposición de Física allí existente, y también irían a participar del Show de Química que ya se encontraba programada para la última visita.

Fuimos así, sorprendidos por esa dificultad, en razón de la misma no haber sido traída por el profesor durante el contacto que manteníamos. Es probable que esa actitud haya ocurrido en razón de tener de revisar lo que no se venía cumpliendo en beneficio de retorno a los experimentos. El profesor en su programación necesitaba despertar en los alumnos la necesidad y el interés de visitar los experimentos de la exposición. La acción integrada había sido programada para atender las expectativas del alumno. Buscando mostrar situaciones nuevas entre los propios experimentos ya visitados. Para despertar actitudes favorables a la programación. Como la de una visita para la otra, procurábamos profundizar el enfoque, en detalles y especificidades, pensábamos que el alumno percibiendo eso se interesaría por la visita subsecuente, demostrando una actitud favorable. Una vez que, la idea era la de ampliar la visión adquirida en la primera visita. A pesar de que reconocemos las limitaciones impuestas por la investigación, cuando nos tenemos que restringir a cierto recorte. Pero, no cerramos la colección de la exposición para el contacto de los alumnos con otros experimentos.

Retornando a la descripción de la entrevista, volvimos a tratar de los experimentos visitados, preguntando al alumno: ¿Cuál fue el experimento que te llamó más la atención? El alumno respondió que: *fue el generador electrostático*. Luego, preguntamos: ¿Fue porque levantó los pelos del compañero? Respondió: *porque ella quedo electrizante...* (En la negociación reformuló su terminología para: *quedo electrizada*). Preguntamos: ¿Cuáles

son las formas de electrización observadas en el proceso de carga del generador? El alumno respondió que: *por atrito, por contacto y por inducción* (como el alumno había recibido el auxilio de otro colega, el **alumno 03**, que esperaba su vez para ser entrevistado). No polemizamos junto al grupo de entrevistados cuanto al hecho de haber sido asociada a la electrización por contacto. Que no ocurría en el proceso de carga del generador. Sospechamos pero, del grado de mecanicismo en esta respuesta. Y buscamos saber si el alumno sabía describir físicamente los diferentes procesos de electrización en el generador. Llegamos a la conclusión que, no adelantaba proseguir en el diálogo. El alumno no sabía justificar sobre lo que ocurría, en los procesos de electrización del generador. Vale aquí un comentario que, en el acompañamiento del trabajo del profesor en la escuela, oyendo una grabación de una clase de electrostática, observamos para el hecho de no haber sido efectuada una asociación explícita entre, la fundamentación teórica de los procesos de electrización y el fenómeno de electrización del generador. Quedando la sospecha, si en otra oportunidad una transposición didáctica segundo lo previsto en la **estrategia 5**, habría sido efectuada. Durante las reuniones de coordinación siempre cobrábamos que, en momentos oportunos, necesitaba haber una asociación del abordaje de la Física en la escuela con los experimentos de la exposición.

Mientras tanto, recordamos a estos dos alumnos entrevistados (el **08** y el **03**) que, en el momento de la segunda visita cuando fue mostrado el generador, en el diálogo sobre como las personas se electrizaban (o se cargaban) en las proximidades de este aparato, algunos alumnos conseguían expresar que: *...el inducia separación de carga... retiraba electrones para dejar electrizada* (un hecho referente al proceso de electrización de la alumna que se dispuso a tener contacto con el generador para hacer levantar sus pelos). Fue cuando uno de los tres alumnos que esperaban para ser entrevistados recordó haber llevado un choque. (en las proximidades del generador sin contacto directo con el mismo, pero en contacto con otro colega). Cuando aprovechamos para registrar que íbamos a desarrollar un poco más el fenómeno del choque en la tercera visita. Una vez que tendrían en la programación escolar, que ir profundo un poco más en el estudio de este asunto después de la segunda visita. El profesor en la condición de mediador en la escuela de nuestras acciones durante la visita conocía la necesidad de trabajar la fundamentación teórica, inherente a los fenómenos que eran explorados experimentalmente en la exposición. Así lo que ocurría en las proximidades del generador que llamaba mucha atención de los alumnos no podría quedar de fuera. Para finalizar los hechos registrados en esta entrevista

envolviendo el generador, en aquel momento, no comentamos nada sobre el choque. Hasta porque los entrevistados no mostraron interés para tal.

Continuando la secuencia de esta entrevista, cambiamos el enfoque, solicitando que el alumno escoja para hablar sobre una de las formas de generación de energía eléctrica para consumo: el alumno dice, *la energía térmica...* pregunté: ¿En qué experimento? El alumno responde: *del sol para generar electricidad...* (En la negociación), se refiere al: *efecto fotovoltaico* (sin expresar en que se fundamenta). Pero el alumno se había referido inicialmente a un efecto térmico, lo que nos llevó a pensar que estaría confundiendo con la termoeléctrica (**experimento 9**). Pero el alumno luego en seguida asoció el hecho de la energía primaria ser la energía solar (Quedando claro que se trata de célula solar). Lo que descartó esta posibilidad, y permitió que entrásemos en una negociación para la comprensión del efecto fotovoltaico. Pero de la forma con que el alumno se había expresado era como si quisiese colocar que, la energía solar se encontraba transmitiendo calor que iba a transformarse en energía eléctrica. No profundizamos esta cuestión, en aquel momento, hasta porque veníamos cobrando al profesor que explore en clase cada fenómeno asociado a la generación eléctrica, en algunos aspectos específicos compatibles con esa serie de enseñanza. Observando que, el efecto fotovoltaico, debería ser tratado con más cuidados por tratarse de un fenómeno de excitación cuántica (tratado en la Física como un efecto fotoeléctrico secundario). A pesar de haber fornecido material escrito con una descripción bien accesible y simplificada de este fenómeno, no sabía hasta qué punto el profesor exploró lo mismo. Mientras tanto, podría ir un poco, además de la información de que, la luz tenía la función de provocar una separación de carga por la migración de electrones entre las dos regiones de la célula (que consecuentemente quedarían electrizadas en la separación de carga provocada por la migración de electrones). Delante de las dificultades que el profesor encontraba en la escuela, explorar cuánticamente la energía de los fotones de luz para caracterizar porque los electrones se excitaban y a partir de ahí migraban. No sabíamos hasta que punto podríamos llegar a este nivel de abordaje con el tiempo que había disponible en la escuela. De cualquier forma el alumno no se había posicionado favorablemente en tratar esta situación.

El **alumno 08** aún fue entrevistado posteriormente, después de la tercera visita, colocando como información relevante adicional que: *el experimento que más llamó la atención fue el de las esferas de Newton...* (Un experimento sobre colisión mecánica fuera de nuestro recorte, mas que estaba relacionada a la energía). Cuando se le preguntó ¿En este

experimento había algún tipo de conservación? El alumno afirma: *que había conservación de la energía* (pero en la negociación con el especialista), él tuvo la comprensión que la energía mecánica que allí se presentaba se disipaba rápidamente en otras formas de energía en el proceso de colisión entre las esferas y en el desplazamiento del aire. Tuvimos que complementar la información para el alumno de que, lo que se conservaba en la colisión era la cantidad de movimiento justificando brevemente su significado. Es importante observar que, el alumno en esta segunda entrevista, no se comprometió a rediscutir sobre los experimentos focalizados en su primera entrevista. Sería una oportunidad de mostrar si existió evolución, principalmente donde no había atribuido anteriormente respuestas satisfactorias. Buscamos dispensar el alumno a su pedido y encerramos la entrevista.

### **Alumno 09:**

Este alumno efectuó la entrevista después de la tercera visita juntamente con los **alumnos: 08, 19, 21 y 22**. Cuando preguntamos ¿Qué experiencia adquirieron al trabajar en la asignatura utilizando los experimentos de la exposición? Los alumnos dieron un testimonio que fue consensual y puede ser sintetizado por la siguiente colocación: *que la experiencia les pareció válida y les gustaría de ir a visitar nuevamente*. Todos los alumnos de este grupo entrevistados les pareció la experiencia válida y les gustaría visitar nuevamente.

Direccionando la entrevista al **alumno 09**, preguntamos ¿Qué te llamó más la atención? Él respondió: *que fue el generador electrostático...* Y sobre la generación de energía ahí existente, se refirió que: *era electromagnética*. Un compañero al lado (**alumno 19**), que participaba del grupo de entrevistados, interfiere rectificando que: *la generación era electrostática*. Continuando la entrevista preguntamos al entrevistado ¿La potencia de la energía de este generador, permite su uso, en los circuitos en nuestro cotidiano? Y el alumno responde que: *no...* (Y aún complementando),... *el generador produce poca electricidad para mover las cosas...* Cuanto al fenómeno mostrado con el generador electrostático le preguntamos ¿Qué te llamó más la atención? Informó que: *fue aquel donde los pelos sienten escalofríos...* Y sobre ¿Por qué los pelos subían? Respondió que: *por causa de la (d.d.p.)*. Replicamos: ¿Existe d.d.p. en el potencial eléctrico? El alumno mostró extrañeza a la pregunta dejando la comprensión que, para él, era más común el término d.d.p. (diferencia de potencial) que el término potencial eléctrico. En la continuidad del diálogo para una justificativa del porque los pelos suben, el alumno respondió: *porque es atraído por la cosa* (se refería a campándola)... Volvimos a repetir la pregunta: ¿Por qué

los pelos suben? El alumno responde: *se atraen...* El alumno **19** interfiere para corregir diciendo: *que se repelen* (atribuyendo en la negociación: *que en la electrización de los pelos la carga es de la misma señal*). Volviendo a la cuestión para el **alumno 09**, que estaba siendo entrevistado, este argumenta que: *se había equivocado y dicho lo contrario*. El alumno se da cuenta de su falta de atención y ve que necesitaba empeñarse más en responder a los cuestionamientos. Además de las dificultades mostradas el alumno no supo referirse a otros fenómenos acompañados durante el funcionamiento del generador electrostático.

Continuando la entrevista preguntamos ¿Cuáles son las formas de generación de energía eléctrica en el cotidiano? el alumno habló en: *Veleta (cata-vento), energía solar, energía mecánica, energía electromagnética* (refiriéndose a las pilas), cuando el **alumno 22** interfiere rectificando que: *en la pila era la energía química...*; volvimos a la entrevista preguntando ¿Cuáles son otras formas de generación de electricidad? el alumno informó que: *el generador...* (Y no supo dar continuidad a la respuesta).

Le preguntamos ¿Qué otro experimento te ha despertado más atención? En su respuesta se refirió *a célula solar*. Pero no supo explicar las especificidades de cómo, a través de la luz se genera la electrización de esta célula, y a partir de ahí no fuimos adelante en relación a este cuestionamiento. Pero, cuando se le preguntó ¿Existió aprendizaje súbito en el momento de la visita entre las formas presentadas de generación? El alumno se refiere a que: *el efecto fotovoltaico provocó eso...*, cuando en la continuidad, en el diálogo con el entrevistador, el alumno colocó que: *tuvo la comprensión de la transformación de energía pero no se recordaba más...* (No teniendo condiciones de describir como el fenómeno ocurría). Preguntamos, ¿La eficiencia de la célula era alta o baja? El alumno responde que: *la eficiencia es baja...* en seguida solicitamos que justifique ¿Porqué esa forma de generación no era muy utilizada? El alumno responde: *no recuerdo...* Y le continuamos preguntando: ¿Que hace más suceso entre las formas de producir electricidad, y es más usado en la vida en relación a las diferentes naturalezas de generación eléctrica? El alumno informa: *que es la hidroeléctrica*. Pero no muestra más interés en dialogar individualmente. En este momento en que tratábamos de cual era la forma de generar energía eléctrica más utilizada? Permitimos que los demás alumnos entrevistados allí presentes participasen del diálogo de negociación de la respuesta: cuando fue mostrado por ellos la comprensión, que era por inducción magnética (un asunto que había sido muy explorado por la **estrategia 2** y por la **estrategia 3** durante las visitas). Aún se referían al orden de las más utilizadas para

consumo, siendo en la secuencia las pilas y quedando por ultimo las células solares (para las cuales hicimos en la exposición una descripción comparativa por la **estrategia 5**). Entre los demás alumnos participantes de este grupo de entrevistados clasificados con capacidad intermediaria de fornecer informaciones relevantes, estuvieron los alumnos **de número: 08, 19 y 21** que no se encuentran aquí, sus entrevistas narradas)

**Alumnos menos capaces en promover informaciones relevantes en el contexto de la investigación (categoría 3):**

**Alumno n° 15:**

Esta entrevista fue realizada antes de la tercera visita, en conjunto con el grupo (donde constan los **alumnos de número: 02, 03, 08, 15 y 17**) que ya habían sido citados en la entrevista del alumno **n° 03**. Este alumno hizo apenas esta entrevista, y participó de las dos visitas ya efectuadas. Cuanto su opinión sobre las visitas ya efectuadas, respondió que: *en su impresión le gustaría ver cosas nuevas y no ver cosas repetidas*. Una dificultad ya colocada en las entrevistas anteriores de los alumnos que formaron ese grupo que participó de la entrevista antes de la primera visita. Que ya comentamos y colocamos la manera como procedimos en el momento de la entrevista para buscar resolver ese problema con los alumnos.

En la secuencia de la entrevista, solicitamos que el alumno haga algunas colocaciones y le preguntamos ¿Qué estaba siendo mostrado, en el experimento del generador a manivela? (dentro del contenido conceptual descrito por la **estrategia-2**) el alumno no consiguió dar informaciones relevantes, cuando en el diálogo fue provocado a tratar de la generación por inducción, no se recordó de asociar el fenómeno a la inducción magnética (ni supo referirse a la ley de Faraday). Apenas estaba de acuerdo con las colocaciones de lo que consiguió acompañar en el testimonio de los compañeros anteriormente entrevistados en aquel momento: cuanto al hecho que: *el esfuerzo aumenta en el accionamiento de la manivela...* y el mismo se encuentra relacionado a la existencia: *de la necesidad de trabajo realizado para poder generar la energía eléctrica...* (Preguntó: ¿en razón de que?)... *la energía no puede surgir de la nada*). Pero, notamos que, ni este alumno, ni los demás elementos del grupo conseguían explicar las especificidades de la variación de flujo de campo magnético para generar fuerza electromotriz de la ley de Faraday. También no sabían hacer referencia como surge el efecto contrario a partir de la inducción magnética por la ley de Lenz. Que a nuestro ver, eran los argumentos de mayor complejidad

conceptual relativo al fenómeno de inducción. Nuestra conclusión fue que, respondían favorablemente en la relación entre el trabajo y la energía en el fenómeno de inducción relativo a la ley de Lenz (del efecto contrario a causa), por ya haber incorporado conceptualmente que ahí se encontraba implícita la ley de conservación de la energía.

Otra situación surgió cuando tratábamos de envolver todo el grupo de entrevistados con el efecto fotovoltaico (tratado en la **estrategia-5**). En que, en esta estrategia de la programación es recomendado la necesidad de hacer una analogía con el fenómeno de la fotosíntesis, por ser un fenómeno que también ocurre a partir de la energía solar. Sólo que con una importante diferencia que el efecto secundario de naturaleza bioquímica (de producir glucosa y liberar oxígeno para la atmosfera). Nuestra intención era que ellos pudiesen tener la comprensión del efecto fotovoltaico en analogía como la descripción de la fotosíntesis. Asunto que ya tenían cierta comprensión por haber sido estudiado en una serie anterior. Ya habíamos observado, mientras tanto, que estos alumnos no estaban siendo debidamente preparados en el aula por las actividades desarrolladas por el profesor y delante del histórico de la formación de esos alumnos para una comprensión de lo que consistía en especificidades el efecto fotovoltaico. Queríamos entretanto averiguar a través de la entrevista, en lo que resultó esta analogía, contenida en nuestra estrategia de conceptualización, admitiendo por hipótesis de que los alumnos ya conocían el fenómeno de la fotosíntesis. En esa averiguación no obtuvimos el efecto deseado, hasta en razón de la superficialidad conceptual con que dominaban el efecto de la fotosíntesis. Aprovechamos la oportunidad para averiguar si conseguían comparar la eficiencia que existía en los dos fenómenos. Los alumnos demuestran tener una idea de conocer que el efecto fotovoltaico tenía aún en la tecnología una eficiencia considerada baja, entre 10 y 15 %. Pero mostraron no entrar en acuerdo cuanto a la eficiencia en el fenómeno de la fotosíntesis. En esta oportunidad, preguntábamos a todo el grupo: si la eficiencia en el proceso de la fotosíntesis es considerada: próximo a 1%, si era alrededor de 15 % y aún si estaría para el aprovechamiento de 100 % de la energía solar. El alumno entrevistado (el de **número 15**) dijo que sería menor que 15 %, mientras que en otras respuestas en el grupo el de **número 08** se refirió que sería 15 %, mientras que el alumno de **número 03** colocó que sería próximo a 1 % (el mejor posicionamiento entre las respuestas dadas).

Después de esto aún preguntamos al entrevistado si le gustaría hablar algo al respecto del cuestionamiento de otro experimento y si al grupo le gustaría de efectuar algún

comentario adicional. Como no hubo más ninguna colocación o intención de continuar, lo encerramos.

**Alumno n° 22:**

Fue entrevistado después de la tercera visita, junto con el grupo ya citado en la entrevista del alumno **de número 09**. Cuando le fue preguntado sobre cuál fue la visita que más aprovechó, el alumno se refirió a la 2ª visita, colocando que fue la que más le interesó. Sobre un experimento *¿Qué te despertó más atención?* *Se refirió a hidroeléctrica*. Preguntando, *¿Cuál es el fenómeno relacionado a esta forma de generación?* El alumno después de una negociación, respondió: *que el fenómeno era el de inducción*. Dando continuidad preguntamos *¿La ley (o leyes) que se encontraba asociada a este fenómeno?* responde: *olvidé... qué sé yo...me olvidé*. Pero en la negociación (buscando utilizar el contenido de la **estrategia-3**), a partir de la asociación del imán con la bobina recordó tratarse del fenómeno de inducción magnética. Preguntamos, *¿Qué es lo que más le llamó atención?* *aquello de la radio pequeña... moviéndose la manivela* (se refería al funcionamiento del radio a partir del accionamiento del generador a manivela) luego le preguntamos: *¿toda la energía utilizada se transformó en energía eléctrica?* Responde que: *no...* (Pero no supo dar continuidad a la respuesta). Cuanto a una negociación efectuada sobre la eficiencia: expresa correctamente que podría ser: *más para 60 %*. Preguntó *¿Y el restante que no fue utilizado?* no responde directamente. Pero en la negociación consigue referirse a la transformación colocando: *en otras cosas...* (Pero, no explicita verbalmente la comprensión del hecho que la energía para conservarse necesita envolver otras formas de energía en la transformación). En otros momentos de la entrevista, ese alumno, cuando solicitado a participar intervino para complementar algo que faltaba ser colocado, que otro compañero entrevistado, no conseguía expresarse.

Acabamos de mostrar, en los ejemplos ilustrativos, el tipo de información relevante que puede ser buscada. Y en razón de la información conseguida efectuamos los comentarios necesarios en relación al aprendizaje de determinados puntos. Nuestro interés a través de las entrevistas efectuada fue determinar el dominio del contenido de la programación que estuvo en estudio. A través de estas entrevistas conseguimos obtener más subsidios del comportamiento del alumno para sacar conclusiones de este estudio.

Después del relato que fue mostrado en la evaluación por las entrevistas, vamos a efectuar una conclusión de la narrativa cualitativa descriptiva que fue efectuada.

Iniciaremos abordando la preocupación que teníamos sobre cómo estaban yendo los alumnos para la última visita. Tomando por base la narrativa hasta aquí efectuada y también las entrevistas que había sido efectuadas antes de esta visita. Iniciaremos con la preocupación de la actitud que los alumnos podían estar teniendo en relación a la valorización de la exposición dentro de la programación. Los alumnos durante la programación escolar deberían encontrarse en un proceso de instrucción que los coloque en una condición de alumnos estimulados para la tercera visita. Podrían tener una visión de que, a pesar de ocurrir novedades en la programación, necesitarían visitar los experimentos en la tercera visita, por la necesidad de buscar consolidar lo que había quedado pendiente.

A pesar de tener una comprensión que existía una expectativa de visitar para ver cosas nuevas, teníamos la necesidad de volver a abordar los experimentos dentro de otra perspectiva, ya que este sería el último contacto. La duda que quedaba con nosotros era, si aún habría tiempo para un trabajo más efectivo del profesor en la preparación de estos alumnos para quebrar la monotonía en visitar los mismos experimentos sin el progreso conceptual que se hacía necesario. Al final, nuestra propuesta inicial, era de una evolución gradual en el esclarecimiento de los hechos que se encontraban previstos en la sucesión de visitas. En esta secuencia debería haber una interpretación más minuciosa en detalles y especificidades de los experimentos. Pero, la misma venía siendo comprometida, en la parte que cabía a la escuela de efectuar en el curso del estudio. El hecho es que de los cinco entrevistados antes de la tercera visita cuatro no se mostraban dispuestos o no veían más utilidad en visitar los mismos experimentos de la exposición. Lo que colocaba nuestra acción integrada en parte comprometida en este final de acompañamiento. En razón de una falta de motivos para la valorización de una nueva visita a los experimentos de la programación.

En razón de las dificultades que aparecían en el aula ya habíamos sugerido al profesor, luego después de las dificultades encontradas frente a los experimentos en la segunda visita, se efectúa una simplificación en el abordaje conceptual en las situaciones que se muestran más complejas. Sería una tentativa para que los alumnos traigan para la tercera visita un poco más de requisitos conceptuales que tomen cuenta de todos los fenómenos de la programación. Pero, con la excepción del alumno **nº 03**, que participó con más desenvoltura, entre los demás entrevistados la situación era oscilante. Existiendo algunos alumnos que continuaban a mostrar en esta fase final que no estaban debidamente

preparados para entrar en contacto con la exposición de manera satisfactoria relativo a lo que planeamos. Para colocar más subsidios para una interpretación de lo que ocurrió en este segundo estudio, antes de un análisis conclusivo, vamos a mostrar los resultados obtenidos en las evaluaciones escritas efectuadas.

### 6. 3 Resultados obtenidos en la evaluación escrita.

#### 6.3.1 Cuadro general de las evaluaciones escritas.

Inicialmente estamos presentando la tabla-7 mostrada abajo. Que trae el cuadro general de todo nuestro sistema de evaluación escrita. Las diferentes formas de evaluación utilizadas fueron presentadas en el orden cronológico en que su aplicación fue apareciendo en el estudio. En cada tipo de evaluación efectuamos una sistematización de los resultados, siguiendo el mismo procedimiento efectuado en el primer estudio; también tomando por base la estrategia didáctica de tratamiento de los conceptos y proposiciones asociados a los experimentos de la exposición. Así la clasificación efectuada, caracteriza el nivel de la conceptualización científica utilizado por el alumno en responder. El desempeño de regular a óptimo fue considerado una situación satisfactoria, mientras que el desempeño abajo de esto fue considerado una situación insatisfactoria. En algunas formas de evaluación, como en el test TANC y en el cuestionario, además de presentar la clasificación, también colocamos la puntuación obtenida. En la clasificación mostrada en la tabla relativa al TANC la abreviación colocada representa: NE (ninguna eficiencia), PE (poca eficiencia), RE (regular eficiencia), BE (buena eficiencia).

TABLA 7: Resultados de las evaluaciones escritas – 2º estudio

Alumno	Mapa 1 (definición)	Mapa 2 (definición)	Mapa 3 (definición)	TANC 1 puntos (eficiencia)	TANC 2 puntos (eficiencia)	Cuestionario 1 (concepto) puntos/ desempeño	Cuestionario 2 (concepto) Puntos/ desempeño
1	Regular	Regular	Regular	34(NE)	34(NE)	6,0(óptimo)	2,0(pequeño)
2	Ninguna	Poca	Regular	33(NE)	42(PE)	4,0(regular)	2,0(pequeño)
3	Ninguna	Poca	Buena	39(PE)	50(RE)	5,5(bueno)	3,0(regular)

4	Ninguna*	Regular	Ninguna*	46(RE)	43(RE)	3,0(regular)	(pequeño)
5	Ninguna*	Regular	Buena	34(NE)	51(RE)	4,5(bueno)	2,5(regular)
6	Ninguna*	Regular	Regular	37(PE)	39(PE)	3,5(regular)	0,0(ninguno)
7	Ninguna*	Ninguna*	Regular	29(NE)	30(NE)	5,0(bueno)	2,0(pequeño)
8	Ninguna*	Poca	Poca	40(PE)	46(RE)	5,0(bueno)	2,5(regular)
9	Ninguna*	Regular	Poca	40(PE)	36(PE)	4,5(bueno)	2,5(regular)
10	Regular	Regular	Poca	47(RE)	35(PE)	6,5(óptimo)	1,0(pequeño)
11	Ninguna*	Regular	Buena	35(PE)	46(RE)	4,5(bueno)	1,0(pequeño)
12	Ninguna	Regular	Buena	37(PE)	45(RE)	3,5(regular)	0,5(ninguno)
13	Ninguna*	Poca	Poca	35(PE)	45(RE)	5,0(bueno)	2,0(pequeño)
14	Ninguna*	Ninguna	Buena	25 (NE)	34(NE)	6,0(óptimo)	1,5(pequeño)
15	Ninguna*	Ninguna*	Regular	39(PE)	34(NE)	5,5(bueno)	3,5(regular)
16	Poca	Regular	Buena	34(NE)	50(RE)	5,5(bueno)	3,0(regular)
17	Ninguna*	Poca	Regular	40(PE)	44(RE)	4,5(bueno)	0,5(ninguno)
18	Ninguna*	Regular	Buena	48(RE)	52(BE)	3,5(regular)	2,0(pequeño)
19	Ninguna	Regular	Regular	32(NE)	40(PE)	4,5(bueno)	2,0(pequeño)
20	Ninguna*	Ninguna	Regular	39(PE)	41(PE)	4,5(bueno)	1,0(pequeño)
21	Ninguna	Regular	Regular	32(NE)	33(NE)	4,5(bueno)	2,5(regular)
22	Ninguna	Regular	Regular	47(RE)	34(NE)	4,5(bueno)	1,5(pequeño)
23	Ninguna*	Poca	Buena	38(PE)	49(RE)	4,5(bueno)	3,0(regular)
24	Ninguna*	Ninguna*	Buena	42(PE)	30(NE)	4,5(bueno)	2,5(regular)

### 6.3.2 Análisis de los resultados obtenidos en la elaboración de los mapas conceptuales.

Los mapas fueron evaluados según una clasificación desarrollada en el 1° estudio que establece un criterio de definición estructural del contenido según algunos principios del aprendizaje significativo que tratan de la relación y jerarquía, en un proceso de diferenciación progresiva y reconciliación integrada. Envuelven el relacionamiento entre las

células conceptuales y las sentencias o proposiciones sobre las líneas son indicadoras de la conexión entre los conceptos envueltos. De la clasificación constan las siguientes categorías: óptima definición (Od), buena definición (Bd), regular definición (Rd), poca definición (Pd), y ninguna definición (Nd).

Analizando el desempeño del grupo en la confección y evolución en la sucesión de los mapas realizados, pudimos observar el siguiente desempeño del grupo por la **tabla-8**. En el **mapa-1** (cuando todo el grupo de 24 alumnos efectuó su elaboración), vamos a tener: 8% del grupo apenas con una regular definición (los **números: 01 y 10**), mostrando una situación satisfactoria. El restante con desempeño insatisfactorio: 4 % del grupo con poca definición (el alumno de **número: 16**); y 88 % del grupo, en un total de 21 alumnos, mostrando un mapa sin ninguna definición; donde en la mayoría de los casos, los alumnos mostraban no estar aún debidamente preparados, y se negaron o se omitieron de hacer el mapa; entre los alumnos listados a seguir, los discriminados con un asterisco no consiguieron elaborar el mapa-1. Fueron clasificados en la situación de un mapa sin ninguna definición los alumnos **de números: 02, 03, 04\*\*, 05\*, 06\*, 07\*\*, 08\*, 09\*, 11\*, 12, 13\*, 14\*, 15\*, 17\*, 18\*, 19, 20\*, 21, 22, 23\*, 24\***.

A pesar de que los alumnos en este estudio se encontraban en el inicio de un proceso de construcción de los mapas sobre energía, daban la impresión inicial de no haber vivido ninguna experiencia anterior en este sentido. Mientras tanto, en la fase inicial del estudio, habían pasado por un período de preparación en el aula con el profesor, visando la utilización de esta técnica. Por el que acompañamos, los alumnos del grupo desarrollaron la confección de un mapa sobre los componentes de un automóvil (un tema escogido entre ellos que sea conocido), y otro mapa fue efectuado por el profesor en la pizarra sobre la dinámica newtoniana. Un asunto que venían estudiando en este período de preparación para la acción integrada en la escuela. Con su confección siendo hecha de forma negociada entre los alumnos del grupo, bajo orientación del profesor. El resultado de esta inversión efectuado en el aula, iniciando los alumnos con la construcción de los mapas, mostró después haber sido una preparación insuficiente, para la mayoría de los alumnos del grupo. Aún alertando al profesor para que trabaje en el momento de confección del primer mapa (**mapa-1**) sobre energía, los alumnos ya hubiesen adquirido una experiencia con esta técnica. La grande mayoría mostró no estar aún preparada para la confección de ese mapa (una reacción que no fue mostrada en el primer estudio, a pesar de que los resultados también no han sido favorables). Debería así también haber falta de cierto dominio sobre las

nociones de energía que habían iniciado a tener contacto hace tres semanas. El resultado obtenido mostró que deberíamos tener más cuidado con las acciones del profesor frente a la programación prevista para la clase.

Como a primera visita en este segundo estudio estaba siendo considerada como un momento de contemplación para auxiliar en la necesidad de una preparación en conocimientos básicos. La continuidad en la programación escolar podría traer más subsidios teóricos para los alumnos con dificultades cuando se elabora el segundo mapa. Por su vez, como se encontraba previsto para antes de la primera visita, a la elaboración del primer mapa que envolvía ideas generales sobre energía, este instrumento evaluativo fue mantenido. Hasta porque, una parcela menor de alumnos efectuó la tarea, y tuvimos dos alumnos con resultados favorables y un alumno iniciando a hacer el mapa con poca definición. En la descripción cualitativa de este estudio ya registramos que este hecho nos llevó a la escuela para realizar una actividad que lleve a los alumnos a trabajar un poco más en la construcción de mapas (desarrollar la técnica de confección de mapas). Era de interés utilizar el propio tema energía de la programación, una vez que, aprovechamos para profundizar aún más la comprensión del tema partir del abordaje iniciado en la exposición en la primera visita. La idea también era de mostrar para el alumno la importancia de que él conozca la estructura conceptual de cierto contenido en su aprendizaje. Lo que podría establecer una mejor comprensión de las leyes, definiciones y relaciones que envuelven la trama conceptual sobre fundamentación teórica asociada a los experimentos de la programación. La mayoría de los alumnos en ese estudio estaba mostrando que aún no tenían una noción definida sobre energía; y estábamos buscando establecer vínculos más bien definidos con los significados de las cosas que estaban siendo estudiadas. Lo que se mostraba como un indicio de que, no existía antes en la orientación pedagógica escolar, una preocupación explícita, en su estructura académica, con la formación de conceptos. Lo que en la perspectiva ausubeliana pasa por la noción de lo que es el propio aprendizaje significativo de un contenido de estudio.

**Tabla 8 – Resultados de los mapas Conceptuales**

<b>Clasificación de la definición</b>	<b>1º Mapa: 24 participantes (Alumnos discriminados)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>2º Mapa 24 participantes (Alumnos discriminados)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>3º Mapa 24 participantes (alumnos discriminados)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
Ninguna	02, 03, 04*, 05*, 06*, 07*, 08*, 09*, 11*, 12, 13*, 14*, 15*, 17*, 18*, 19, 20*, 21, 22, 23*, 24*	21 (88%)	07*, 14, 15*, 20, 24*	5 (21%)	04*	1 (4%)
Pequeña	16	1 (4%)	02, 03, 08, 13, 17, 23	6(25%)	08, 09, 10, 13	4 (17%)
Regular	01,10	2 (8%)	01,04, 05, 06, 09, 10, 11,12, 16, 18, 19, 21, 23.	13(54%)	01, 02, 06, 07, 15, 17, 19, 20, 21, 22	10 (42%)
Buena	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula	03, 05, 11, 12, 14, 14, 18, 23, 24	9(37%)
Óptima	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula

Con relación a la confección del mapa-2 fue mostrada una grande evolución en relación al mapa-1, lo que hasta nos causó cierta sorpresa. Una vez que, en este mapa vamos a tener que: 54 %, lo que corresponde a trece alumnos del total del grupo (los **alumnos: 01, 04, 05, 06, 09, 10, 11, 12, 16, 18, 19, 21, 23**), que construyeron el mapa en esta etapa mostrando un desempeño satisfactorio en la clasificación de regular definición; mientras que 25 % del grupo, lo que corresponde a seis alumnos (los **alumnos: 02, 03, 08, 13, 17, 23**), obtuvieron un desempeño de poca definición, lo que también demuestra una evolución en relación al resultado del mapa anterior, pero, no atendiendo a la condición de desempeño satisfactorio; y apenas 21 % del grupo que corresponden a cinco alumnos (los **alumnos:**

**07\***, **14**, **15\***, **20**, **24\***) que se mantuvieron con un mapa sin ninguna definición. La confección del primer mapa fue en la fase introductoria del estudio, envolviendo los conceptos de trabajo y energía mecánica y haciendo inserciones conceptuales para mostrar la existencia de otras formas de energía que se relacionan entre sí. Ocurrió en una etapa de preparación en la primera visita de la exposición, en un período que quedaba aún más evidenciado que existían dificultades. Con relación a los procedimientos de elaboración del mapa y con relación al dominio del conocimiento en sus elementos básicos introductorios. El segundo mapa sólo fue hecho después de la segunda visita y transcurrido casi dos meses de actividades en el aula sobre el asunto después de la primera visita. Creemos que estos dos aspectos contribuyeron para la madurez del grupo tanto en la confección del mapa cuanto en el mejoramiento conceptual del tema. A pesar del grupo de alumnos en este estudio haber conseguido mostrar una grande evolución, los mapas necesitaban ser aproximados más de los conceptos relativos al recorte de nuestra programación. Para avanzar aún más en la clasificación y alcanzar un mejor aprovechamiento (en buena y óptima definición). Pero aún teníamos más una etapa de trabajo a cumplir en el aula para ir a la tercera visita. Después de la misma se daría la confección del tercero y último mapa.

Con relación a la confección del mapa-3 (manteniendo la participación de los 24 alumnos del grupo), vamos a tener el siguiente resultado: 37 % del grupo que corresponde a nueve alumnos (los **alumnos: 03, 05, 11, 12, 14, 14, 18, 23, 24**), que mostraron un rendimiento con buena definición; 42 % del grupo que corresponde a once alumnos (los **números: 01, 02, 06, 07, 15, 17, 19, 20, 21, 22**), que obtuvieron un rendimiento con regular definición; y 17 % del grupo que corresponde a cuatro alumnos (los **alumnos: 08, 09, 10, 13**), con un rendimiento con poca definición; y un alumno que corresponde a 4 %, del grupo, se presenta con un mapa con ninguna definición. Una clasificación atribuida por no haber confeccionado el mapa en aquel momento (el alumno **de número 04\***). Podemos así notar que en el mapa-3, 79 % del grupo pasó a tener un rendimiento satisfactorio entre regular y bueno. Revirtiendo prácticamente la situación insatisfactoria inicial en la que el grupo se encontraba en la fase de confección del mapa-1 (cuando 88 % del grupo era clasificado con ningún rendimiento). Otras situaciones características son mostradas como la del alumno **de número 01** que se mantiene con regularidad del primer mapa al último (lo que no quiere decir que no haya desarrollado cuanto a las características de confección de su mapa), una vez que, en la secuencia quedo más próximo del recorte trabajado sobre el tema. Lo que en nuestra interpretación, también puede constituirse en una evolución frente a la programación en el conocimiento del asunto. Otra situación a ser comentada es que todos

los alumnos que en el mapa-3 mostraron un buen desempeño, en la confección del mapa-1 estaban con ningún desempeño (existiendo apenas en este caso una excepción, el alumno **de número 16**, que mostraba en la oportunidad poco desempeño). La tabla-8 de resultados muestra otras situaciones típicas, como un caso de una regresión en el mapa-3 del alumno **de número 10** que pasa de la situación de un mapa regular para un mapa con poca definición. Observamos que la tendencia de la grande mayoría en la confección del mapa fue para una evolución satisfactoria. A pesar de que ningún alumno ha alcanzado un mapa estándar de óptima definición que establecemos. Creemos que este hecho haya ocurrido en razón de nuestra exigencia, con relación al mapa estándar para el alumno de la primaria. Por haber sido mantenido el mismo mapa del primer estudio (envolviendo el alumno de la secundaria). Faltaban en la mayoría de los mapas confeccionados la utilización de palabras, sentencias, o ecuaciones, sobre los conectivos de asociación conceptual para mostrar más claramente las conexiones entre las células. Lo que podría llevar al óptimo estándar establecido en la clasificación que evaluaba el desempeño en la confección de un mapa.

El resultado mostrado arriba, el de una evolución en la confección de mapas trae cierta semejanza con lo que ocurrió en el primer estudio. Esto porque, en aquella oportunidad, los resultados del mapa-1 mostraron que 90 % del grupo presentaban poco o ningún desempeño (colocándose debajo de nuestro criterio satisfactorio que se inicia en la definición regular), un resultado muy próximo a los 88 % de la situación actual. En el mapa-3 del 1° estudio la inversión para una situación satisfactoria también ocurre, pero en un índice menor de 62 % del grupo que aparece con una regular definición, contra los 79 % entre regular y buena definición del estudio actual. Lo que demuestra en ambos estudios que hubo en términos de conceptualización en la perspectiva de evaluación a través de mapas, en relación al recorte, una evolución satisfactoria. Lo que ocurrió en lo que fue posible mostrar, en relación a aspectos generales conectados al asunto, sin entrar en muchos detalles y especificidades. El resultado muestra que, por la evaluación que efectuamos de los mapas, los alumnos consiguieron alcanzar una situación regular aceptable en el 1° estudio y con una tendencia para una buena situación en el 2° estudio. Lo que demuestra que, para efecto de aprendizaje relativo en la organización de la estructura de contenido estudiado en términos de jerarquía y relación entre conceptos relevantes considerados, la acción integrada surtió algún efecto. Pero, en el primer estudio, este resultado acabó teniendo un efecto aislado para la mayoría del grupo, que no supimos justificar, debido a que, el mismo fenómeno evolutivo no fue mostrado en las otras formas de evaluación utilizadas. Así tenemos que esperar un análisis más amplio efectuado por todo el sistema de evaluación de este estudio, para

averiguar si esta evolución conceptual mostrada a través de los mapas es o no es confirmada. Recordando que, una evaluación a través de mapas conceptuales es muy importante, principalmente, en razón de averiguar si el aprendizaje del contenido de la programación de enseñanza se encuentra estructurado a la luz del aprendizaje significativo.

Para ilustrar el análisis individual que fue efectuado en cada mapa, para establecer la clasificación, será considerado el desempeño de algunos alumnos, tomados aleatoriamente como ilustración. Lo que va a mostrar si los criterios utilizados llevaron la caracterización de la existencia de una evolución o no, en la sucesión en que los mapas fueron elaborados. Es importante en este nuevo estudio también esclarecer que la característica de un mapa puede ser cambiada entre la sucesión de mapas. Aún cuando son desarrollados sobre un mismo tema, buscando alcanzar satisfactoriamente un determinado recorte del asunto. Lo que puede ocurrir sin la necesidad de tener que siempre atribuir una evolución en la clasificación efectuada para caracterizar su definición. Las características de las regularidades o de las irregularidades relativas a las definiciones o indefiniciones, presentes en la elaboración del mapa, deben encontrarse relacionadas, al dominio de esta técnica y de la concepción que era exigido que el alumno tuviese sobre el tema, en aquel momento del estudio. Por esta razón si los mapas de un determinado alumno cambian sus características, para mejor o para peor en el curso del estudio, en relación al recorte efectuado, tendremos que necesariamente cambiar la clasificación, dentro de las categorías que establecemos, para caracterizar un avance o un retroceso en su definición. Así, a partir de la estructuración del primer mapa que puede presentar una característica más genérica sobre el tema, una tendencia para concepción estructural del mapa dentro de nuestro recorte, debe conducir el mapa para una instancia satisfactoria creciente de regular a óptima definición. Lo que va a depender de la relevancia de los conceptos, relaciones efectuadas, estructura de la disposición de las células, de los escritos en las líneas de conexión, que hacen parte de los criterios establecidos de la clasificación de la definición del mapa.

Efectuada las consideraciones necesarias relativas a los criterios de evaluación utilizados pasaremos en seguida, a mostrar los mapas de los alumnos asociando a clasificación efectuada de su desempeño. Como ocurrió en lo capítulo anterior, las células conceptuales tiene un número inscrito que está asociado a la traducción efectuada abajo del mismo. Además de eso, en la analise, siempre que sea oportuno, deberemos también efectuar una triangulación con otros mecanismos evaluativos en el acompañamiento

efectuado. Lo que debe subsidiar aún más el comportamiento de los alumnos en la sucesión de la confección de los mapas.

**Alumno 02: mapa 1(Nd); mapa 2 (Pd); y mapa-3 (Bd):** En el **mapa-1** (Figura 25) son presentadas ocho células de conceptos, que a partir de la célula inicial (energía) son presentados seis ramificaciones para conceptos relacionados (diferentes formas de energía y trabajo), sin mostrar ninguna jerarquía ni mostrar cómo se encuentran relacionados. En la secuencia jerárquica todas estas células convergen para fuerza (efectuando una conexión muy fuerte entre energía y fuerza que sólo habíamos efectuado por la conexión con el trabajo). El mapa parece más un diagrama en que se busca clasificar diferentes tipos de energía para después relacionar toda esta clasificación con el concepto de fuerza. A pesar de presentarse en formato adecuado y envolver conceptos, este mapa no presenta una estructural conceptual definida en la relación entre los conceptos. En el **mapa-2** (Figura 26), el alumno muestra mejoras en la construcción del mapa, dentro del recorte utilizado en la generación de energía eléctrica. El **mapa-2** envuelve 12 células con conceptos, iniciando en la célula inicial (energía) y distribuyéndose en 4 ramos conceptuales que, aún no trajeron relaciones conceptuales locales bien definidas y aún omiten conceptos importantes que deberían estar contenidos según nuestro mapa estándar establecido. Por su vez, no existe ninguna conexión entre los diferentes ramos, aún cuando, existen conceptos que se repiten en diferentes ramos colocados. Por esta razón el mapa, a pesar de mostrar alguna definición, la misma ocurre aún en una situación de pequeña definición. Cuanto al **mapa-3** presenta 15 células con conceptos, iniciando en la célula inicial (energía) para después ramificarse en cuatro ramos, donde cada uno trata de abordar las diferentes formas de generar energía eléctrica (para consumo y también incluye en un ramo la generación electrostática). Las sub-ramificaciones en cada ramo se encuentran bien definidas y retratan cada forma de generación, envolviendo conceptos de naturaleza técnica y científica, en una concepción de la estructura conceptual sobre el tema que, a pesar de mostrar apenas el aspecto general concebido por nuestro mapa estándar, consigue hacer esto mostrando una buena definición. Por la evolución ocurrida en la sucesión de los mapas este alumno en relación a la estructura de como los conceptos se relacionan y se jerarquizan en este tema, alcanza una situación de buen desempeño, una situación satisfactoria que se aproxima de un óptimo estándar de dominio del asunto.

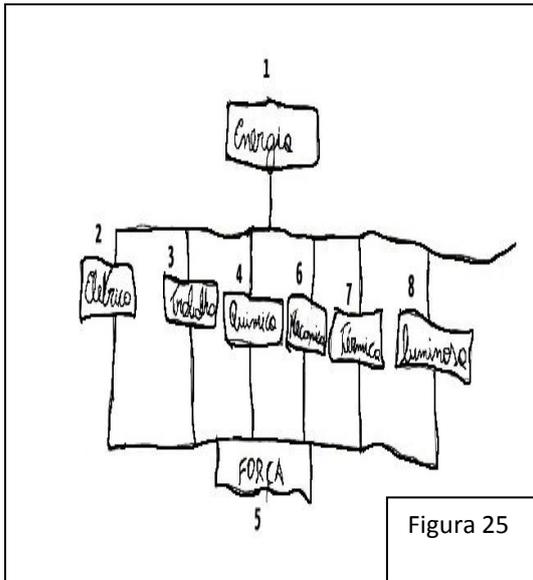


Figura 25

Alumno 02: mapa 1. Traducción: 1. Energía, 2. Eléctrico, 3. Trabajo, 4. Químico, 5. Fuerza, 6. Mecánica, 7. Térmico, 8. Luz

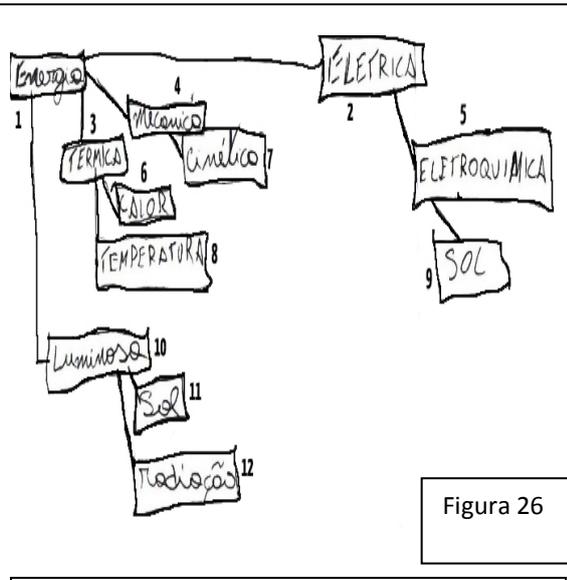


Figura 26

Alumno 02: mapa 2. Traducción: 1. Energía, 2. Eléctrico, 3. Térmico, 4. Mecánica, 5. Electroquímica, 6. Calor, 7. Cinética, 8. Temperatura, 9. Sol, 10. Luz, 11. Sol, 12. Radiación

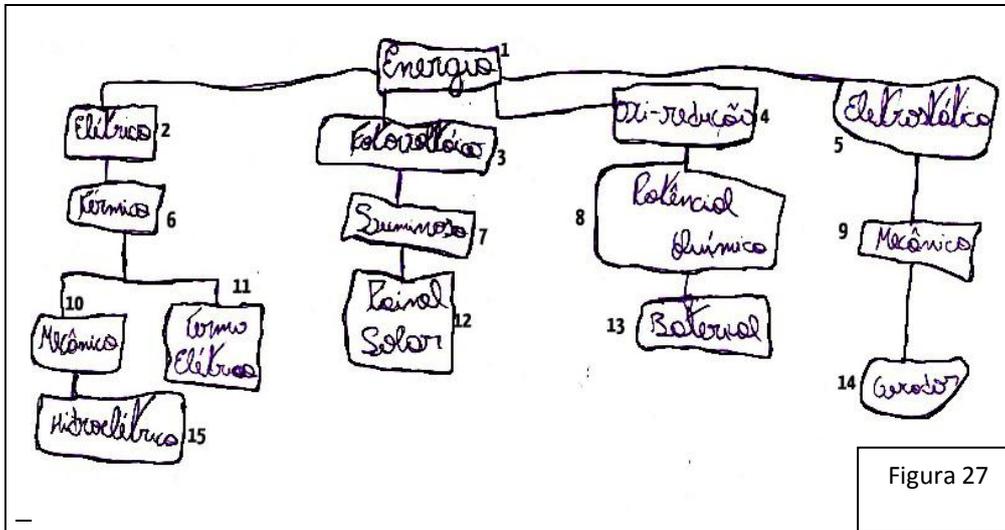


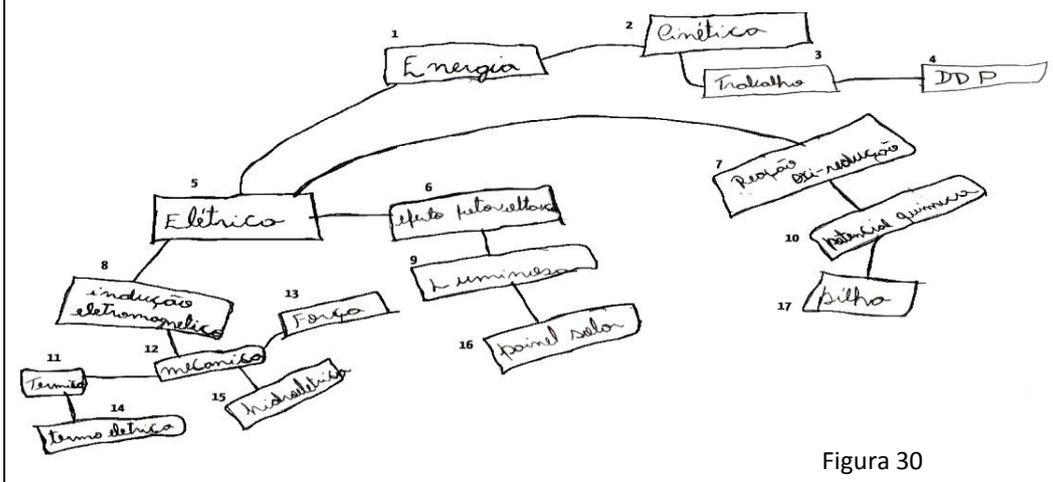
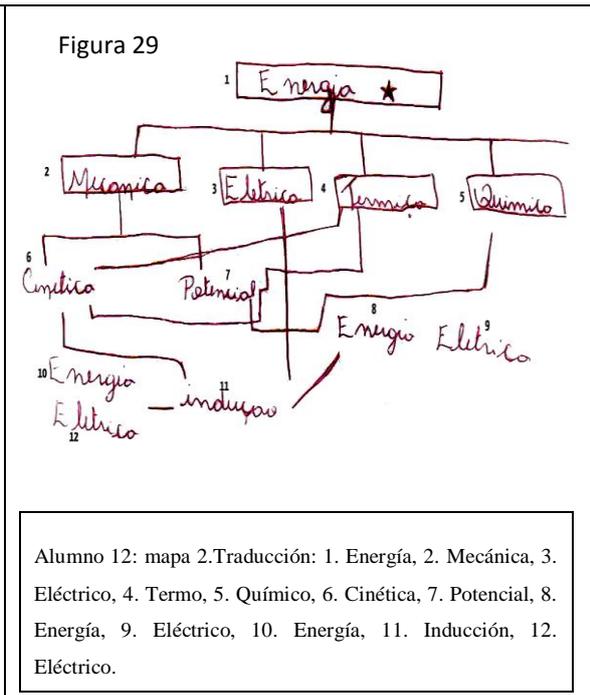
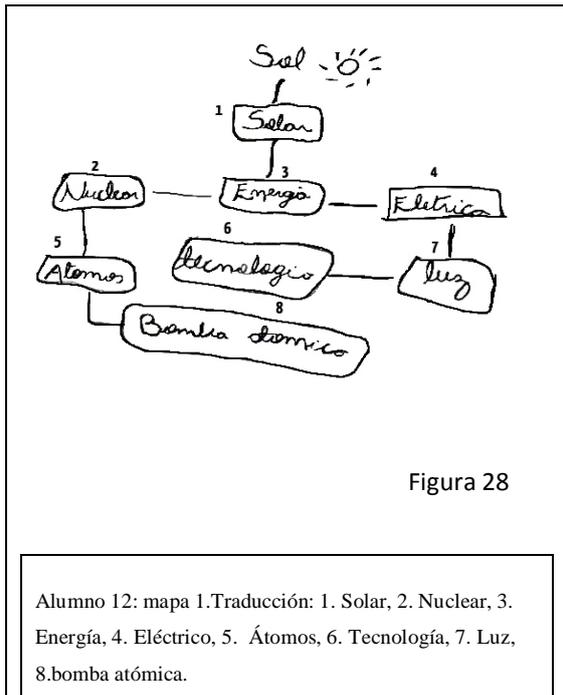
Figura 27

Alumno 02: mapa 3. Traducción: 1. Energía, 2. Eléctrico, 3. Fotovoltaica, 4. La Oxidación-reducción, 5. Electroestático, 6. Térmico, 7. Luz, 8. Potencial Químico, 9. Mecánico, 10. Mecánico, 11. Termo, 12. Eléctrico, 13. Panel solar, 14. Batería, 15. Generador, 16. Hidroeléctrico.

**Alumno12: mapa-1 (Nd); mapa-2 (Rd); y el mapa-3 (Rd).** El **mapa-1** (Figura 28) presenta una característica de mapa, conteniendo ocho células donde fueron colocados conceptos de naturaleza científico-tecnológica mostrando una tendencia en la jerarquía del centro para los extremos y bifurcándose en tres ramos en que los conceptos se suceden sin ramificar. Pero dentro de cada ramificación las relaciones entre los conceptos no se muestran bien definidas. El mapa a pesar de mostrar un pequeño sentido estructural de definición, presenta una naturaleza muy general y dispersa que muchas veces, no muestra ninguna relación estructural definida entre los conceptos electos. También no hay ninguna relación con lo que estaban comenzando a estudiar para mostrar el dominio de conceptos básicos sobre el tema dentro de nuestros propósitos para aquel momento. Por estas razones decidimos considerar el mapa como no presentando ninguna definición. Con relación al **mapa-2** (Figura 29), la célula inicial se ramifica en cuatro ramos: uno inicia en la energía mecánica que se ramifica para potencial y cinética que después se ramifica para inducción y termina en energía eléctrica. Otro ramo inicia en la energía térmica que continúa su ramificación asociándose a la energía cinética del ramo anterior (pudiendo así llegar a la inducción y consecuentemente a energía eléctrica). Otro ramo inicia en la energía eléctrica y después sigue también para inducción. Un último ramo inicia en la energía química que en la secuencia deja a entender que va para otra célula de energía eléctrica que se encuentra luego abajo la secuencia de este ramo y llega a la energía eléctrica (dando la impresión que el alumno quería referirse la energía potencial eléctrica, un concepto que, mientras tanto, no estaba colocado en el mapa). Observamos así que el mapa se encuentra bien estructurado al colocar una parte de nuestro recorte en la generación de electricidad. Pero, no incorpora la generación fotovoltaica, ni se refiere a la generación electrostática ni la energía en el proceso de transmisión de calor de los calentadores. En el mapa se encuentran los puntos centrales de la generación de electricidad (la generación por inducción y la generación química) mostrando una estructura conceptual bien definida en esta parte, en relación a nuestro recorte, el mismo fue evaluado como de regular definición (Rd). Con este resultado el alumno muestra que tuvo bastante progreso en la concepción estructural de un mapa, y que también, pasa en esta fase del estudio (donde fue cobrada su confección), a mostrar estar conectado a nuestro recorte de exploración sobre el tema. Cuanto al **mapa-3** (Figura-30), contiene 17 células con conceptos. A pesar del concepto que más se ramifica en el mapa es el de energía eléctrica, tenemos la comprensión que, el concepto de energía que se encuentra más arriba en la jerarquía del mapa, es la célula inicial. De donde salen dos ramos: uno que queda aislado y abriga la naturaleza mecánica de la energía por contener los

conceptos energía cinética (que queda aislado) y el trabajo (que ramifica para el concepto (d.d.p.) mantenido ahí en este ramo también aislado; y el otro ramo que sigue para la energía eléctrica (concepto que más se relaciona), ramificándose en tres tramos: uno que trata adecuadamente de la generación fotovoltaica y un segundo que trata adecuadamente de la generación química, pero, sin presentar ninguna relación de un ramo con el otro (una asociación que fue muy trabajada durante la utilización de la **estrategia-5**); el otro ramo se refiere a la generación por inducción electromagnética y después de este concepto aparece el concepto energía mecánica, que por su vez, se bifurca en los conceptos energía térmica en un ramo (que en la secuencia termina en el concepto termoeléctrica), y en el concepto hidroeléctrica, en el otro ramo. Cuanto al primer ramo que conectó el concepto de trabajo a diferencia de potencial (d.d.p.), existe una razón lógica para este procedimiento que no fue explicitada en el mapa y se encuentra relacionada a la generación por inducción (cuando en la **estrategia 2**, los alumnos experimentaron la necesidad de trabajo en el accionamiento del generador por inducción a manivela

Cuando colocaban algunos circuitos en funcionamiento). A pesar de no mostrar entrelazamientos entre los ramos, lo que mostró ser capaz de hacer en la elaboración del **mapa-2**, el alumno en el **mapa-3** amplía el involucramiento de conceptos en la generación eléctrica para consumo; mostrando una buena definición (Bd) en la concepción estructural de los conceptos envueltos. Pero, aún se mantiene restricto a los aspectos más generales técnico-científicos sobre el tema, sin explorar algunos conceptos específicos presentados en nuestro mapa estándar.



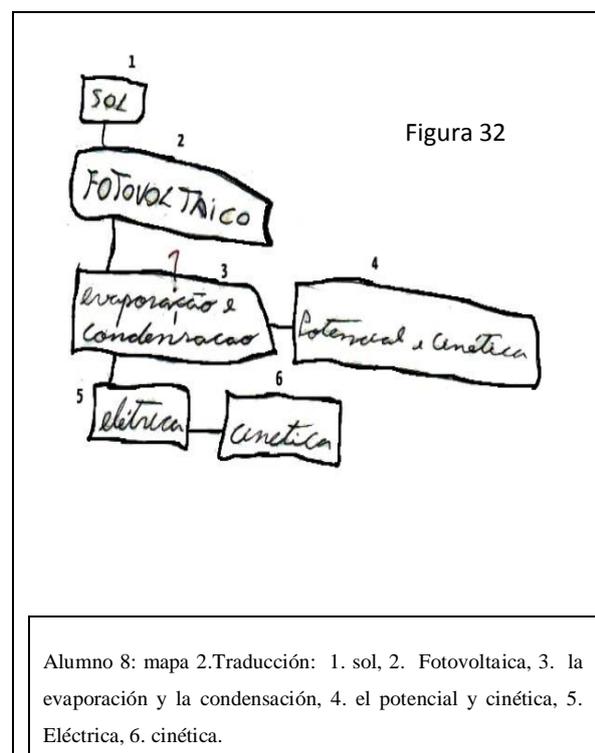
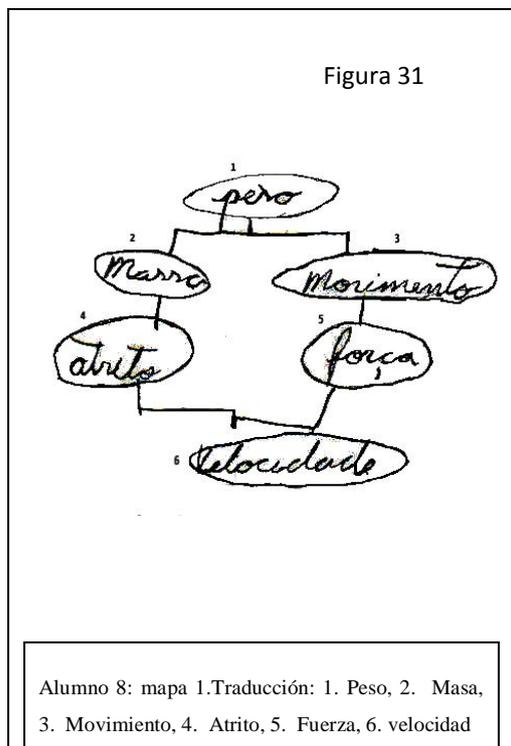
**Alumno 08: mapa 1 (Nd), mapa 2 ((Pd), y mapa 3 (Rd).** Con relación al **mapa-1** (Figura 31), el alumno principiante en la confección de mapas envuelve catorce conceptos que no se

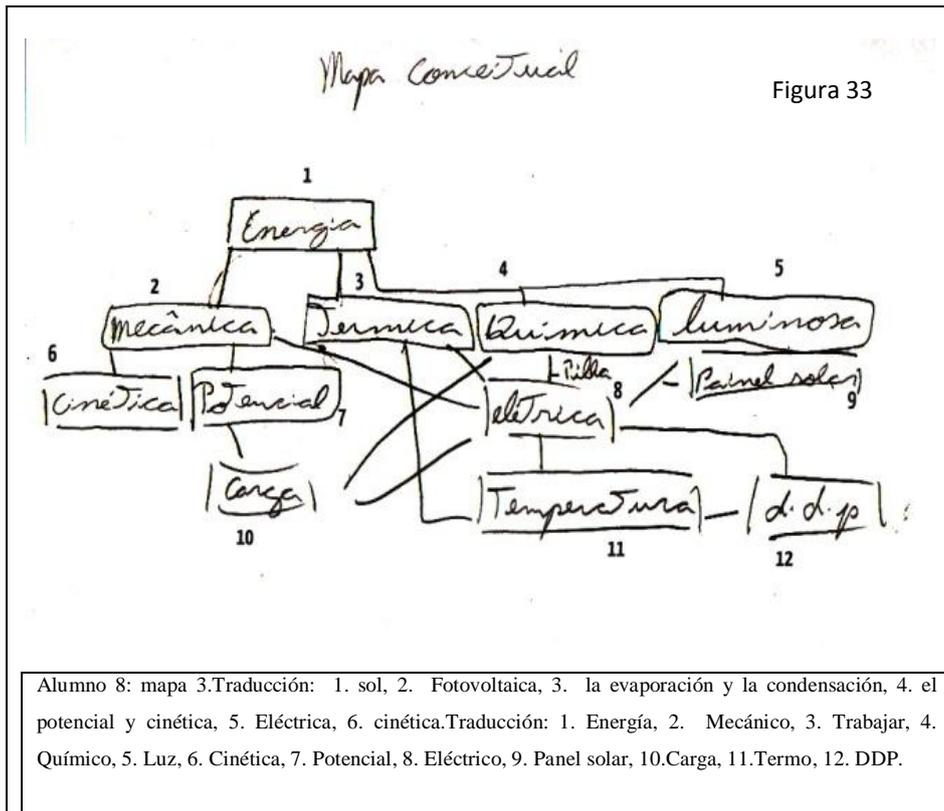
estructuran dentro de una jerarquización y relacionamiento adecuados a nuestro estándar que podamos atribuir ninguna definición estructural. Los conceptos colocados no muestran ninguna relación de como ellos se estructuran en la descripción del conocimiento en cuestión. Por ejemplo, el concepto energía mecánica presentado en la jerarquía al final del mapa se encuentra en la secuencia conectada a la energía potencial. Pero la energía cinética fue olvidada, para ser recordado el concepto de fuerza conservativa donde un relacionamiento directo necesariamente no existe. Este entre otros procedimientos que consideramos inadecuados a la que pudiésemos atribuir una mínima concepción estructural del contenido en estudio llevó el mapa a una categoría de, ninguna definición (Nd).

Cuanto al **mapa-2** (Figura 32), son trabajados 15 conceptos, que caracterizan el tema de forma amplia, pero, que también envuelven especificidades cuando sale de la célula inicial (energía) para *energía potencial* yendo para *trabajo* y después para *carga* para de ahí llegar por una bifurcación de ramo a *alta y baja* (que podría estar refiriéndose a la potencia en el efecto electro-químico en relación al proceso de carga de las baterías). Por su vez, saliendo de la célula que contiene el concepto carga por el otro ramo llegamos a calor, que por su vez, ramifica para radiación, energía química, y energía solar (tal vez, el alumno estuviese invirtiendo la jerarquía en el sentido de expresar que eran formas de energía que generaban calor o apenas queriendo establecer una relación del calor con estas formas de energía). En este punto el mapa se encuentra sin una definición, hasta porque también no relaciona la energía solar a radiación y coloca esa apenas al final, relacionada a la energía eléctrica. Por otro lado, la energía solar es relacionada apenas a la fotosíntesis (concepto que, consideramos de mayor dominio de los alumnos, fue apenas citado en una analogía, no haciendo parte directamente de nuestro recorte conceptual; con su utilización prevista de ser usada en la **estrategia 5**, para efectuar una relación con el efecto fotovoltaico sin mayores propósitos). Por otro ramo colocado como independiente, aparece la energía cinética que no se relaciona a la energía potencial, pero en la secuencia del ramo sólo se relaciona al trabajo a partir de la corriente. A pesar del mapa conseguir mostrar, una pequeña comprensión de la estructura conceptual del asunto, algunos procedimientos efectuados en su estructuración se encuentran indefinidos en relación a nuestro estándar de análisis, lo que vino a caracterizar el mapa, como de poca definición (Pd).

En el **mapa-3** (Figura 33), el alumno muda su característica y cambia algunos de los conceptos antes utilizados. Pasando a presentar un mapa más volcado para aspectos técnicos científicos, conectados a los generadores de energía eléctrica. Que, dentro del recorte

efectuado, fue el fenómeno más enfatizado en la visita a la exposición. El mapa aún trae muchos problemas en el relacionamiento y jerarquización de conceptos y utiliza el procedimiento (antes no efectuado) en subutilizar células conteniendo definición formal (que serían apenas íconos conectivos), por estar en seguida conectados a un concepto adecuado (procedimiento a la que ya nos referimos en el análisis de un mapa de otro alumno). Al todo, entre los tres mapas analizados, este mapa, por utilizar más el recorte efectuado en este estudio, el alumno se aproximó más de la regularidad prevista por nuestro estándar de análisis, para obtener la clasificación de un mapa, con regular definición (Rd).





### 6.3.3 Análisis de los resultados del test de asociación numérica de conceptos (TANC).

En el segundo estudio el TANC presentan un total de 86 pares de asociación de conceptos, una vez que aumentamos el número de conceptos utilizados de 13 en el primer estudio para 16 en el segundo estudio. Los conceptos son básicamente los mismos utilizados en el primer estudio. Pero, existió asociado a esta ampliación conceptual el siguiente cambio: retiramos los conceptos de campo eléctrico y de campo magnético del test para colocar los conceptos de masa, fuerza, temperatura, calor, y foto térmica (por razón técnico-científica asociada a calentadores solares). La idea fue en este nivel más elemental de enseñanza y reducir la cantidad de los conceptos con mayor grado de abstracción como lo del campo, en razón de alcanzar una mayor cantidad de conceptos fundamentales de nuestro recorte. Conceptos estos, que no habían sido contemplados en el primer estudio. La cuestión es que, el test de asociación numérica de conceptos acostumbra alcanzar la combinación de los conceptos listados. Lo que hace que el test sea muy extenso y exhaustivo para ser respondido minuciosamente en el tiempo disponible de una clase. Ya

que, debería envolver 120 pares de conceptos para ser relacionados. Para resolver este problema buscamos retener la atención en las asociaciones de conceptos considerados más importantes (los más utilizados por las estrategias didácticas de nuestra programación). Por esta razón, decidimos descartar 34 pares de conceptos del test. Una vez que, sus relacionamientos no fueron considerados de mucha importancia en comparación al relacionamiento que envolvía los demás pares explorados. En una evaluación de relacionamiento conceptual considerada para este nivel de escolaridad no efectuamos en la programación ningún abordaje que envuelva estos 34 pares. En el primer estudio habíamos reducido de 78 pares previstos en la combinación para 72, a ser respondidos, dejando seis combinaciones para ser tomadas apenas como ejemplo ilustrativo de cómo responder (mientras tanto los seis pares que quedaron de fuera eran de relacionamiento relevantes y al mismo tiempo presentaban mayor facilidad en establecer relacionamiento). Decidimos así combinar entre sí pares que envuelvan los conceptos de naturaleza de forma más general, amplia y se conecten, o no, fuertemente entre sí, o aún en relación a otros conceptos específicos más relevantes de relacionamiento en la estructura del contenido. Un procedimiento que fue efectuado independiente de estos pares electos presenta muy fuerte relacionamiento o ningún relacionamiento. Como puede ser visto, buscamos excluir algunos pares entre los conceptos más específicos por el hecho de que la evaluación del relacionamiento no ser necesaria o importante para caracterizar la estructura de un contenido, al nivel del abordaje utilizado en la presentación de la programación.

Para montar los criterios de la clasificación de rendimiento en este test, en relación a la eficiencia en las respuestas, los parámetros utilizados fueron los mismos establecidos en el primer estudio. Los valores de la puntuación de referencias utilizadas como límites en la clasificación, para ser presentados, cambian en razón de que el test ahora contiene 86 pares de conceptos. Con el puntaje promedio de 43 puntos; la probabilidad estadística de acierto al acaso es de 34 puntos (correspondiente a 2/5 o 40% de aciertos); con los 60 % de aciertos correspondiendo ahora a 52 puntos; y con los 80 % de aciertos correspondiendo ahora a 69 puntos. De esta manera la escala de la clasificación del rendimiento, ahora obedece a las siguientes bandas de puntuación: ninguna eficiencia (NE) para quien haga de 34 puntos para menos; pequeña eficiencia (PE) para quien se mantenga entre 35 a 42 puntos; regular eficiencia (RE) para quien se mantenga entre 43 a 51 puntos; buena eficiencia (BE) para quien se mantenga entre 52 a 68 puntos; y óptima eficiencia (OE) para quien haga de 69 puntos o más. Es importante reforzar en este segundo estudio, que no es una escala lineal. Una vez que el primer aprovechamiento de la puntuación se inicia descartando los 34

puntos de la probabilidad de acierto al acaso. También decidimos guardar el puntaje promedio de 43 puntos, como el inicio del intervalo para clase regular y considerar aún que, a partir de 60 % de aciertos, que corresponde a 52 puntos, habría un buen rendimiento. Por su vez, volvimos a considerar que un óptimo resultado ocurriría a partir de 80 % de aciertos, que corresponde a 69 puntos. Establecidos los criterios utilizados, pasaremos a mostrar los resultados obtenidos. Recordando que el mismo test fue aplicado sucesivamente en dos diferentes momentos, uno en la fase intermediaria y otro al final del estudio (siguiendo el mismo procedimiento del primer estudio).

Cuanto a los resultados obtenidos por los alumnos en el test de asociación numérica de conceptos observando por el cuadro general presentado en la **tabla 9**, de desempeño de los alumnos, existen tres casos extremos, que escapan de nuestro control, los **alumnos: 10, 22 y 24**, por mostrar una regresión muy alta en la puntuación del **TANC-1** para el **TANC-2**. En el **alumno 22** hubo una reducción de 14 puntos y en los **alumnos: 10 y 24** hubo una regresión de 12 puntos. A nuestro ver, no puede existir una justificativa plausible, aún si recorriésemos a una justificativa por el análisis estadístico, la probabilidad a ser mostrada de ocurrencia de este hecho debería ser pequeña. Mientras tanto estamos delante de un análisis cualitativo entre dos momentos del proceso enseñanza-aprendizaje en que procurábamos promover el desarrollo conceptual en la secuencia del estudio. No podemos aceptar una diferencia tan grande regresiva del primero, para el segundo test. En estas situaciones, los alumnos mostraron utilizar dos procedimientos diferentes. A nuestro ver, dejando la comprensión, de no haberse empeñado en responder en el segundo momento, entre otras interpretaciones que podríamos sacar de este comportamiento irregular demostrado. Diferencia para menos en las respuestas a un test objetivo que evaluaba la posibilidad de existencia de una evolución conceptual, pueden ser aceptadas estadísticamente cuando el test es aplicado entre un intervalo de tiempo cercano. En que los niveles de conocimiento sean próximos, referentes a los dos momentos de respuesta. Inclusive que, en nuestro análisis de referencia no sea de naturaleza cuantitativa, en estos tres casos extremos, vamos a desconsiderar los resultados, en favor de que los mismos, no interfieran en el promedio obtenido para los demás alumnos, que consideramos como situaciones regulares de respuesta al test. Vale la pena observar que, el análisis cualitativo permite la posibilidad de usar datos cuantitativos simples como medias y porcentajes. Nuestro propósito mayor en la utilización y análisis de datos cuantitativos fue al final atribuir una clasificación cualitativa equivalente. Que permitiese verificar si existía o no, una evolución del grupo en el relacionamiento de conceptos de un test para el otro.

Llevando en cuenta las consideraciones efectuadas, con base en los resultados de los 21 alumnos participantes considerados, los resultados obtenidos en el **TANC-1** mostraron un promedio de aciertos del grupo de aproximadamente 36 puntos. Mientras que, en el **TANC-2**, el promedio de aciertos del grupo fue de aproximadamente de 43 puntos. Por la clasificación efectuada, observamos que el resultado muestra que, hay una evolución del grupo, como un todo. De una situación insatisfactoria inicial en el rendimiento del test para una situación satisfactoria al final, lo que ocurrió a nivel de una categoría de desempeño regular. El resultado de TANC muestra que existió una evolución del grupo de alumnos en este estudio en relación al aprendizaje significativo del contenido de la programación. Un resultado que difiere del comportamiento del grupo en respuesta a este test en el primer estudio. En la primera investigación fue verificado que no hubo evolución en la respuesta a este test. Una vez que, el grupo de alumnos se mantuvo a un nivel de desempeño insatisfactorio en los dos momentos de aplicación del test.

Vamos ahora efectuar el análisis de la **tabla 9**, que muestra el rendimiento de los alumnos discriminados y distribuidos por las diferentes clases en los dos momentos de respuestas de la aplicación del test.

**Tabla 9 – Test de Asociación Numérica de Conceptos (TANC)**

<b>Clasificación en función de la puntuación</b>	<b>TANC – 1 (alumnos discriminados)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>TANC – 2 (alumnos discriminados)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
Ninguna eficiencia  (Hasta 34 puntos)	01, 02, 05, 07, 14, 16, 19, 21	8(33%)	01,07, 14, 15, 21,22, 24	7(29%)
Pequeña eficiencia  (de 35 a 42 puntos)	03, 06, 08, 09, 11, 12, 13, 15, 17, 20, 23, 24.	12(50%)	02, 06, 09, 10, 19, 20	6(25%)

Regular eficiencia (de 43 a 51 puntos)	04, 10, 18, 22	4(17%)	03, 04, 05, 08, 11, 12, 13, 16, 17, 23	10(42%)
Buena eficiencia (de 52 a 56 puntos)	Ninguno	Nula	18	1(4%)
Óptima eficiencia (Arriba de 68 puntos)	Ninguno	Nula	Ninguno	Nula

Podemos observar que existen nueve alumnos (los **números: 03, 05, 08, 11, 12, 13, 16, 17, y 23**), que muestran mejorar cambiando de una clase no-satisfactoria en el **TANC-1** (de ninguna o poca eficiencia), para una situación de desempeño satisfactorio en el **TANC-2**, donde conseguirán mostrar una eficiencia regular en la clasificación en relación a nuestro estándar establecido. Con un desempeño satisfactorio, aún existe el **alumno de número 18**, que ya se encontraba en una clase de eficiencia regular y pasa para la de buen desempeño (único caso en este estudio); y existe aún el **alumno de número 4** que se mantiene con una eficiencia regular en los dos momentos. Aparece así en la **tabla 9** un total de 11 alumnos, entre los 21 considerados para análisis. Lo que corresponde a aproximadamente 52 % de los participantes del grupo con desempeño satisfactorio. Que en su mayoría mostró mejorar en la clasificación de la eficiencia de desempeño del test (apenas un alumno en esta situación no mostró evolución entre los dos momentos). Lo que refuerza los indicios de los resultados obtenidos en la evaluación por los mapas conceptuales en favor de una programación que se preocupó en estructurar una programación de enseñanza con enfoque en la asimilación de conceptos llevando en cuenta el aprendizaje significativo.

#### **6.3.4 Análisis de los resultados obtenidos en los cuestionarios.**

En el **cuestionario-1**, de conceptualización de conocimientos básicos relevantes para tratar de la exposición, fue aplicado antes de la realización de la segunda visita, siguiendo los mismos criterios clasificatorios utilizados en el primer estudio. Los resultados

presentados en la **tabla 10** muestran que: obtuvieron un óptimo rendimiento 12 % del grupo, que corresponden a tres alumnos (los **números: 01, 10 y 14**); un buen rendimiento 67 % del grupo, que representa el resultado más expresivo, con dieciséis alumnos (los **números: 03, 05, 07, 08, 09, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24**); y finalmente con regular rendimiento tenemos 21 % del grupo que corresponde a cinco alumnos (los **números: 02, 04, 06, 12, 18**). No tuvimos así, ningún alumno con poco o ningún rendimiento. Lo que muestra un excelente desempeño. De cierta forma, lo que ocurrió en la respuesta a este cuestionario, muestra ser un resultado sorprendente del grupo. Comparado con el resultado adverso mostrado por los alumnos del primer estudio. Es posible que un procedimiento diferenciado, en relación al primer estudio, por considerar la primera visita, como una fase de apreciación, para una contemplación inicial, esto parece haber surtido efecto en la preparación para responder este cuestionario. Este resultado podría estar atendiendo a dos condiciones fundamentales para que ocurra el aprendizaje significativo: la necesidad de una actitud significativa (una predisposición para el aprendizaje) y que el contenido de enseñanza asociada a la metodología utilizada sea potencialmente significativo (presente significado lógico, esto es, sea potencialmente relacionable a la estructura cognitiva del aprendiz). Este resultado también sugiere que en este estudio, con los cambios efectuados en el procedimiento, fue posible hacer con que el profesor contribuya más en la preparación en conocimientos básicos en la escuela (en conceptos, leyes, en la relación trabajo-energía mecánica y aún en algunas inserciones conceptuales en las transformaciones entre diferentes formas de energía).

En la coordinación de la acción del profesor, procurábamos enfatizar que el desarrollo cognitivo del alumno, debería ocurrir a través del dominio de conceptos inherentes a la nueva información (un procedimiento que normalmente no se encuentra explícito en la enseñanza tradicional). Aún así, delante de los resultados satisfactorios mostrados hasta el momento, no buscamos aún atribuir que en este estudio de acción integrada ya sea considerada como el de mayor eficacia. Una vez que, queremos también asociar este resultado favorable a la facilidad delante de la flexibilidad promovida en el primer estudio en la forma de valorización de la puntuación en las cuestiones para la clasificación (donde la puntuación máxima era de 8 puntos y con 2,5 puntos el alumno ya se encontraba en la condición de desempeño regular dentro de los criterios utilizados para el primer estudio). Así, a nuestro ver, la manutención de estos niveles de puntuación, abajo de un rendimiento medio, para un grupo que se mostraba más preparado para la respuesta que

para el grupo del primer estudio, favoreció a una clasificación de situación satisfactoria con un desempeño de regular para más.

**Tabla 10: Resultados de los Cuestionarios.**

<b>Clasificación: puntuación/desempeño</b>	<b>Cuestionario – 1 (conceptualización)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Cuestionario – 2 (problematización)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
Ningún desempeño (Hasta 0,5 punto)	Ningún alumno	Nula	06, 12, e 17	3(12%)
Pequeño desempeño de 1,0 a 2,0 puntos	Ningún alumno	Nula	01, 02, 04, 07, 10, 11, 13, 14, 20, 18, 19, 20, e 22	12(50%)
Regular desempeño de 2,5 a 4,0 puntos	02, 04, 06, 12, 18	5(21%)	03, 05, 08, 09, 15, 16, 21, 23, 24	9(38%)
Buen desempeño de 4,5 a 5,5 puntos	03, 05, 07, 08, 09, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21,22, 23, 24	16(67%)	Ningún alumno	Nula
Óptimo desempeño Arriba de 6,0 puntos	01, 10 e 14	3(12%)	Ningún alumno	Nula

Cuanto al **cuestionario-2**, denominado de problematización de los experimentos de la exposición, las dificultades de respuestas de los alumnos aumentaron mucho en relación al cuestionario de conceptualización. Inclusive habiendo sido respondido al final del estudio, luego después de toda nuestra acción entre la exposición y el aula. El rendimiento del grupo en este cuestionario presenta el siguiente perfil: con un rendimiento ineficiente

tenemos 13 % del grupo, tres alumnos (los de **números: 06, 12, y 17**); con un pequeño desempeño en la eficiencia la respuesta tiene 50 % del grupo correspondiente a 12 alumnos (los de **números: 01, 02, 04, 07, 10, 11, 13, 14, 20, 18, 19, 20, y 22**); y con un regular desempeño, el máximo desempeño obtenido, tiene 38 % del grupo que corresponde a nueve alumnos (los **números: 03, 05, 08, 09, 15, 16, 21, 23, 24**). Cuando mostramos ese cuadro de desempeño al profesor de la escuela, que acompañó más de cerca los alumnos evaluados, el profesor dijo que: *por lo menos los alumnos de número 10, 14 y 18, podrían haber respondido con un desempeño mayor si se hubiesen empeñado más en trabajar las respuestas.*

Observamos que los alumnos en su mayoría se preocuparon apenas en responder las cuestiones de **números: 1, 2, 3, 7**, omitiéndose de tratar de las cuestiones de **números: 3, 4, 6 y 8**. En el análisis que efectuamos en la respuesta de los alumnos a los problemas, la comprensión de principios básicos programados para ser trabajados, como por ejemplo, el ítem 4 de la 2ª cuestión, donde por lo menos tres alumnos respondieron afirmando que: *“al final no hay... (Conservación)... porque cuanto menor la eficiencia, menor la conservación de la energía”*. Una posición muy equivocada por contrariar la ley de conservación cuando se trata de la eficiencia de los procesos: donde la energía secundaria útil es siempre menor que la energía primaria. Pero ese procedimiento contradecía a la respuesta proferida en el ítem anterior de la misma cuestión cuando se afirmaba que: *la energía perdida... (Es decir: la energía primaria que no se transformó en energía eficiente)...es echada al medio ambiente, aumentando el calentamiento global...* (Donde podemos considerar que quedo subtendido que el alumno utilizaba la ley de conservación de la energía). En nuestra comprensión, por el análisis que efectuamos, tal vez estuviese faltando aún al alumno, un dominio más amplio de lo que sería una ley en el sentido de su validez universal extensiva a todas las situaciones de estudio pertinentes. Estaba siendo mostrado que existía aún una falta de madurez, una vez que, el alumno había entrado en una contradicción dentro de dos situaciones diferenciadas (ítems de la cuestión) relativas un mismo tipo de problema. Habiendo respondido adecuadamente en un caso y se equivocado en el otro.

El resultado en la solución de problemas sobre los experimentos mostró que, el conocimiento adquirido por la mayoría de los alumnos del grupo aún no era suficiente para responder sobre la nueva información de forma adecuada. Los alumnos dejaron la impresión que se encontraban mucho más acostumbrados en reproducir las situaciones informadas, de que en trabajar situaciones para expresar significados. Lo que exigía

competencias y habilidades en su estructura cognitiva para desarrollar procedimientos y actitudes en relacionar conceptos y utilizar proposiciones, que muchos alumnos mostraban estar acostumbrados a emprender. Quedaba la impresión que la compleja organización de ideas que fue mostrado en la respuesta del  **cuestionario-1**, aún siendo necesario, no contemplaba el todo de los subsunsores que servirían de encaje para este hecho nuevo, la solución de problemas contenida en el  **cuestionario-2**. Este hecho contrariaba un de los fundamentos más importantes del aprendizaje significativo, la ausencia del conocimiento previo, en razón de que aprendemos a partir de lo que ya sabemos. Lo que llevaba a no agregar compromisos con la actitud significativa (la predisposición del aprendiz para desarrollar mecanismos de asimilación). Así, el material de enseñanza, aún siendo considerado como potencialmente significativo, no podía ser relacionable a la estructura cognitiva existente. En nuestra apreciación, los subsunsores de la mayoría de los alumnos no eran adecuados, porque la escuela no estaba acostumbrada a trabajar en la perspectiva del aprendizaje significativo.

En el primer estudio buscamos relacionar el resultado del desempeño entre los dos cuestionarios, habiendo obtenido como conclusión que: como los alumnos mostraron un resultado ruin en la conceptualización ( **cuestionario-1**), también no conseguirían un buen resultado en la solución de problemas ( **cuestionario-2**). Lo que se encontraría respaldado por el referencial teórico del aprendizaje significativo. Pero, en aquella oportunidad del primer estudio, pensábamos que, como existía un razonable retraso de tiempo entre la aplicación de un cuestionario para el otro, cabría al proceso educacional escolar cumplir, de cierta forma, esta diferencia conceptual. Adecuando a los subsunsores para poder colocar al aprendiz en condiciones de responder el  **cuestionario-2** satisfactoriamente (un hecho que no ocurrió). Pero, nos enfrentamos ahora en el segundo estudio con un resultado que, no muestra una relación directa y sí una relación que podríamos caracterizar como inversa. Lo que podría ser considerado como una contradicción con el resultado anterior. Con el agravante que ahora el  **cuestionario-1** fue respondido después de un proceso de instrucción ampliado por contener a la primera visita a los experimentos y extenderse hasta antes de la segunda visita (lo que justificaría un mejor desempeño en este estudio).

Para justificar lo ocurrido podríamos decir que, a pesar de los conceptos tratados en el  **cuestionario-1** sean utilizados en la resolución de los problemas del  **cuestionario-2**, la problematización incorpora aspectos técnico-científicos contextualizados que no fueron trabajados en la enseñanza escolar. La problematización de los experimentos exigía un

amparo conceptual y habilidades adicionales (que la narrativa cualitativa ya caracterizó), que no fueron trabajadas lo suficiente para llevar, a la mayoría de los alumnos con dificultades, a una actitud y procedimientos de resolución. Por otro lado, podríamos también afirmar que, la madurez conceptual más amplia requerida sólo podría ser consolidada con el auxilio de la solución de problemas pertinentes al contexto técnico-científico (que no fueron debidamente exploradas en el aula). Quedan así algunas evidencias que: **la conceptualización y la solución de problemas son dos instancias que necesitan complementarse en razón del mejoramiento conceptual más amplio contenido en la programación de enseñanza** de la nueva información. Este resultado podría aún justificar una realidad en el sentido que, **un buen sucedido dominio en cierto referencial teórico puede responder a cuestiones estrictamente teóricas, pero no habilita necesariamente al individuo a tratar problemas de naturaleza más práctica conectados al contexto de la tecnología.** Una vez que, esta instancia va a requerir un dominio conceptual técnico-científico y el desarrollo de potencialidades y actitudes adicionales, que lleven a procedimientos y habilidades adecuadas a este tipo de solución. Lo que estamos queriendo decir es que, el contenido requerido en la solución contextualizada es bien más amplio y no se agota en la instancia científica de hechos y conceptos de los problemas teóricos que estamos acostumbrados a trabajar y mantener en el sistema tradicional de la educación escolar.

Vale apenas resaltar que, el **cuestionario-1** fue utilizado con el propósito de evaluar la existencia de una base conceptual teórica con algunas inserciones en la solución de problemas aún de naturaleza teórica (no contextualizado con nuestras acciones en la exposición). La propuesta de este cuestionario era apenas evaluar la existencia de una base de conocimientos necesarios que por sí sólo, no respondía a la problematización de los experimentos visitados. Así la constitución más amplia de un *aparato* conceptual y procedimental, necesitaba ser formado en el curso de la programación. La interacción de esta base con lo que contenía la nueva información debería ser trabajada principalmente en la acción escolar buscando llevar la problematización de los experimentos. En esta perspectiva de trabajo los subsunsores podrían haber sido ampliados en la escuela para un mejor desempeño en la respuesta al **cuestionario-2**. En ambos estudios los dos cuestionarios aplicados tuvieron una previsión de tiempo suficiente para atender al ritmo de respuesta de un alumno con desempeño regular. El **cuestionario-2**, por ser más extenso, en razón de problematizar los experimentos de la exposición, fue respondido utilizando dos clases enteras consecutivas de 50 minutos cada. Nuestra pretensión con el cuestionario de problematización era evaluar si los alumnos durante la acción integrada fueron preparados

en una condición de *aprendices perceptores/representadores*, que los llevase a resolver las cuestiones colocadas a partir de los experimentos. La conclusión que podemos llegar es la de que, aún con los alumnos mostrando inicialmente que dominaban conceptos fundamentales, no existía la madurez más amplia (conceptual y en procedimientos), necesaria para resolver los problemas prácticos traídos por los experimentos. Lo que demuestra que, no fue posible efectuar el trabajo en la clase en que el profesor de continuidad a la problematización de las situaciones prácticas iniciadas en la exposición. No consiguiendo ampliar la estructura cognitiva con elementos para formar a una base más amplia.

Lo que fue ocasionado por diversos factores, como la falta de una adecuación del trabajo del profesor y la falta de preparación del alumno para volver de inmediato a un aprendizaje significativo que no estaba acostumbrado a desarrollar. También, con relación al tiempo disponible de horas de aula semanal en la asignatura que estaba siendo considerado insuficiente. No se consiguió sanar las dificultades de los alumnos que necesitaban desarrollar potencialidades cognitivas en procedimientos, actitudes y en la utilización del lenguaje. Son dificultades presentes en la enseñanza local que están siendo apuntadas desde el primer estudio. Observamos que los alumnos durante los dos momentos de respuestas a los cuestionarios demostraron muchas necesidades de orientación, principalmente durante la aplicación del **cuestionario-2**, donde la mayoría de los alumnos mostró falta de dominio en los procedimientos y actitudes que llevé a la solución de grande parte de los problemas propuestos. En algunos casos, observamos que los alumnos llegaron a mostrar extrañeza frente a los problemas y requieren mucho auxilio nuestro.

En nuestras reuniones de trabajo de coordinación de la acción integrada (entre el especialista y el profesor del grupo), llamábamos la atención que después de cada visita efectuada se buscaba profundizar la fundamentación teórica problematizando los fenómenos acompañados. En estas reuniones, ejemplos eran dados de cómo proceder en este sentido. Era mostrado como los experimentos podrían ser problematizados dentro de sus especificaciones (con datos y valores numéricos de los parámetros). Como teníamos un cuestionario que ya había sido aplicado en el primer estudio, había ejemplos de cómo proceder. En cuestionamientos, como por ejemplo: en la potencia de los componentes de los circuitos alimentados por los generadores; en la eficiencia del generador fotovoltaico o por inducción; en el experimento del loop fue dada la altura y rayo de circulación de la rampa y también la altura mínima con que aún se conseguía dar la vuelta por encima; y en otras

situaciones experimentales que iban siendo mostradas como explorar. Había la necesidad de mostrar al profesor como trabajar con las relaciones de transformación de energía. Alertando para algunas características, como en el caso: de los límites para capacidad de generar; de la eficiencia con que ocurría la generación de electricidad en cada generador; de la energía primaria que iría provocar el fenómeno, de la energía secundaria útil y de las pérdidas de energía.

El profesor demostraba sensibilidad con los caminos que íbamos trazando de como problematizar dentro del contexto de los experimentos. A pesar de su estilo tradicional de proceder en la enseñanza, se encontraba inclinado a dar pasos en este sentido. Pero, alegaba siempre que el tiempo que tenía de dos aulas semanales de 50 minutos cada, no era lo suficiente. No consiguiendo adecuar su trabajo a nuestra propuesta como pretendíamos. Por reconocer que necesitábamos de más tiempo para emprender nuestra acción fuimos a negociar con la coordinación de la escuela para aumentar el período que iríamos a desarrollar la cooperación. Una prorrogación que prácticamente relleno casi todo el año lectivo de la programación en la asignatura.

La incorporación del conocimiento técnico-científico estaba siendo propuesta en una metodología de enseñanza que no estaban acostumbrados. Apenas a partir de la formación de una base más amplia, se podría enfrentar las dificultades inherentes a algunos fenómenos, como por ejemplo, el de la inducción electromagnética, el de efecto electroquímico, el de efecto fotovoltaico, el de efecto invernadero (efecto estufa). Existían cuestiones más amplias de naturaleza técnico-científica interdisciplinarias que necesitaban ir siendo adquiridas, después de la conclusión de la etapa inicial de preparación (después de la aplicación del **cuestionario-1**). Para una comprensión más amplia de la exposición el mejoramiento conceptual relativo a los fenómenos, apenas se iniciaba en este primer cuestionario de evaluación, y no se agotaba ahí. Para responder a los problemas propuestos a partir de los experimentos, como los contenidos en el **cuestionario-2**, se iría a requerir una capacidad asimilativa del aprendiz en conceptos y proposiciones que según los resultados obtenidos, no fue desarrollada adecuadamente en el curso de la programación. Lo que se constituía en un punto central, dentro de los objetivos que estábamos investigando en la propuesta de acción integrada.

El momento en que mostramos los experimentos durante la visita, a pesar de ser un espacio propicio para descubrimientos, casi siempre, no da para convertir la información relativa a los fenómenos en datos con valor numérico, para efectuar un cálculo y para tener

una estimativa numérica relativa a cierta grandeza envuelta en un problema. Señalábamos para el profesor que, a pesar de no ser esta la perspectiva experimental de la exposición de los museos, la misma ganaba sentido a partir de la cooperación con la programación de la escuela. Observábamos de ahí que la progresividad requerida por el aprendizaje significativo para discusión teórica y problematización, a pesar de requerir una mayor inversión de tiempo, alguna cosa a más en pro de la programación podría ser hecha. Aún que el tiempo disponible en la asignatura no haya sido lo suficiente, el profesor no podría dejar de medir esfuerzos. Aunque en condiciones adversas, el aprendiz debería ser colocado en una *condición de perceptor/representador*, para que pudiésemos atender a los objetivos de esta investigación.

El acompañamiento descrito en la narrativa cualitativa ya mostró que las dificultades no se reducían apenas a una cuestión de buscar más tiempo en la escuela. En algunas clases del profesor, quedó caracterizado que le faltaba un mayor preparo y práctica para mudar la perspectiva tradicional, que estaba acostumbrado a trabajar. Era visible, con todo su esfuerzo en querer participar colaborando con nuestra propuesta, la ausencia de la práctica y de una falta de preparación de sus clases para explorar y problematizar los fenómenos de la exposición. A pesar de que, en algunos casos, como por ejemplo, en la problematización de la cocina solar, el profesor se sentía más a gusto por ya tener cierto dominio (consiste en un problema ya muy explorado en los libros de texto que estaba acostumbrado a trabajar).

A nuestro ver, la falta de un resultado más expresivo, a nivel satisfactorio, en las respuestas de los alumnos en el **cuestionario 2**, ocurrió más en razón de la falta de preparo del profesor en trabajar debidamente la exposición en el aula y de su postura didáctico-pedagógica moldada para una enseñanza por recepción que atendía más a un aprendizaje de naturaleza mecánica. A que la mayoría de los alumnos estaba más acostumbrada a aprender.

El buen desempeño del grupo en el cuestionario de conceptualización podría haber ocurrido en razón de que el mismo se aproximaba más del trabajo que el profesor emprendía y tenía más afinidad de desarrollar en la clase con relación a la energía. Este cuestionario se encontraba más próximo del libro de texto de la escuela y de los problemas tradicionalmente trabajados en la escuela. En verdad el **cuestionario-1** fue desarrollado, con una función bien definida en la fase inicial del estudio, para evaluar la preparación previa en hechos y conceptos referentes al tema trabajo en la escuela: la energía mecánica, con algunas inserciones en otras formas de energía. La idea era averiguar si el alumno

presentaba una base previa necesaria mínima que lo llevase a interpretar los experimentos de la exposición en la fase inicial del estudio. Un buen desempeño mostrado podría constituirse, a partir de la segunda visita, apenas como un requisito para que los alumnos actúen en los experimentos con una mayor comprensión frente a aspectos de naturaleza general. Pero, existían cuestiones más específicas que estaban siendo tratadas en este segundo momento frente a la exposición de los experimentos. Razón por la cual, la programación de la nueva información tendría que ser trabajada con más tiempo en la escuela utilizando las estrategias iniciadas en la visita. Con la finalidad de cuestionar y problematizar los experimentos en el sentido de ampliar la base de subsunsores existentes. Lo que ocurriría a la medida que hubiese la incorporación de algunos aspectos de la nueva información traída por la visita. Como la realización de esta tarea mostró no haber ocurrido debidamente en el proceso escolar tuvimos el desempeño insatisfactorio mostrado en el **cuestionario-2**. En la perspectiva de este mecanismo evaluativo, la eficacia del aprendizaje a través de la acción integrada para la mayoría de los alumnos del grupo quedo comprometida.

Para concluir este ítem, de análisis de los resultados obtenidos en las evaluaciones escritas es importante afirmar que un mejor resultado podría ser obtenido si la perspectiva de enseñanza de la escuela no sea de mucha información de contenido que, en la mayoría de las veces, quedaba direccionado a retransmisión de conocimiento. Delante de este procedimiento, los alumnos no se encontraban preparados para trabajar teniendo que desarrollar significados propios frente a situaciones nuevas de aprendizaje. Un aprendizaje en una perspectiva innovadora, con atribución de significados y utilizando la enseñanza CTS, exigiría un mayor preparo del profesor delante de la programación propuesta y un cambio en la metodología de enseñanza. Iría a requerir de la mayoría de los alumnos acompañados a una mayor inversión de tiempo para estudiar y realizar las tareas de la asignatura. Por su vez, el número de horas-aula semanal en la asignatura en la escuela tendría que aumentar. Así una iniciativa de reformular la enseñanza en la escuela, podría traer problemas de adaptación del profesor a los intereses de los alumnos del grupo. También iría a contrariar los intereses de la escuela en su estructura académica-pedagógica habitual.

## **6.4 Consideraciones finales y conclusiones del 2° estudio.**

### **6.4.1 Un análisis comparativo de la evaluación de desempeño del alumno para la conclusión.**

La conclusión del segundo estudio se inicia recapitulando el desempeño presentado de los alumnos en el análisis efectuado de las evaluaciones escritas. En relación a los mapas conceptuales sobre energía, en el **mapa-1** tuvimos apenas 8% del grupo en una situación inicial satisfactoria (apenas dos alumnos del grupo). Mientras que en el **mapa-2** fue mostrado una grande evolución con 54 %, del grupo presentando una situación satisfactoria. En el **mapa-3**, permanece ese proceso evolutivo, pasando el índice, a ser el 79 % del grupo, presentando una situación satisfactoria. Podemos notar que hay una grande reversión favorable en la conducta del grupo de la confección del **mapa-1** para el **mapa-3** para una condición de definición satisfactoria, en relación a la concepción estructural de como algunos conceptos contenidos en el contenido físico de la programación se relacionan y se jerarquizan.

Un nivel evolutivo de aprovechamiento en la confección de mapas, que muestra cierta semejanza con lo que ocurrió en el primer estudio. Cuando 90 % del grupo presentaba en el **mapa-1** un desempeño insatisfactorio, y en el **mapa-3**, 62 % aparece con un rendimiento satisfactorio. A pesar de ser mostrada una evolución mayor en favor del segundo estudio, en ambos estudios, en términos de conceptualización sobre el recorte efectuado en el tema, existió una evolución que puede ser considerada como satisfactoria en relación a la organización de algunos conceptos relevantes que fueron colocados en la estructura del mapa. Lo que ocurrió más en relación a los aspectos generales asociados al asunto, sin entrar en muchos detalles y especificidades. Un hecho que puede estar asociado a la estructura conceptual con que la programación de la acción integrada fue montado, lo que provocó cierto mejoramiento conceptual. A pesar de haber llevado en consideración en este estudio en la evaluación de los mapas, que estábamos delante de un grado inferior de escolaridad, los alumnos en nuestro análisis, mostraron un resultado más favorable que en el

primer estudio. Frente a la estructura conceptual mostrada a través de la confección de mapas.

Cuanto al test de asociación numérica de conceptos, del **TANC-1** para el **TANC-2**, también hubo una evolución del grupo como un todo de la categoría de pequeña eficiencia en las respuestas para una categoría de regular eficiencia. Habiendo una evolución para una situación de nivel satisfactorio en la clasificación efectuada. Queda así el resultado del TANC aplicado en dos momentos (un intermediario y el otro al final), demostrando que hubo una mejora en el relacionamiento entre conceptos relevantes de nuestra programación. Este resultado comparado con lo verificado en el estudio anterior muestra que el perfil de este grupo en la acción integrada fue mejor que el del primer estudio (en que no existió un resultado satisfactorio en la aplicación de este test).

Con relación al **cuestionario-1**, de conceptualización de una base de conocimientos necesarios introductorios, el grupo obtuvo un resultado muy expresivo en este estudio. Llegando al punto de que todos los alumnos mostraron un perfil satisfactorio en las respuestas. En este cuestionario estábamos evaluando algunos elementos básicos que darían soporte a la conceptualización de los experimentos de la exposición a partir de la segunda visita y posteriormente en la tercera visita. Esperábamos que, un resultado favorable en este cuestionario mantenga una relación directa con la problematización de los experimentos. Que sería mostrado por los reflejos positivos que sean apareciendo en la comprensión de las estrategias de conceptualización utilizadas en la presentación de la programación. Todavía, en la narrativa de la segunda visita y en la continuidad del trabajo con el profesor en la escuela para la 3ª visita, fuimos averiguando que el conocimiento colocado para responder favorablemente el **cuestionario-1**, no era lo suficiente para que la mayoría de los alumnos muestren fluencia en la comprensión de las cuestiones prácticas colocadas por la exposición. Esta dificultad mostrada en el acompañamiento cualitativo del estudio se reflejó en el desempeño de las respuestas al **cuestionario-2**. En que la mayoría (63 % del grupo), mostró una situación insatisfactoria en la problematización de los experimentos de la exposición.

Mostrando este resultado al profesor apuntamos que verificamos una tendencia de los alumnos de no conseguir resolver determinadas cuestiones. Hecho que fue justificado con la colocación de los alumnos en el aula siguiente, después de la aplicación do cuestionario se quejaron que, el tiempo dado para respuesta no había sido suficiente (envolvió dos clases consecutivas, siendo dado el tiempo de cien minutos para respuestas).

Los resultados mostrados en los dos cuestionarios dieron la impresión que los alumnos se encontraban bien más preparados para resolver cuestiones y problemas de la enseñanza tradicional. Lo que, probablemente, muestra que fueron trabajadas más en el aula que en las situaciones contextualizadas de los experimentos. Que exigían razones y habilidades más amplias de naturaleza técnico-científica, que la mayoría de los alumnos no se encontraban preparados para responder.

En el trabajo efectuado junto al profesor, habíamos mostrado ejemplos/procedimientos de como problematizar cada experimento en la misma línea del cuestionario aplicado. Mostrando cómo trabajar en relación a la transformación de energía, cuanto a los límites en la capacidad de generar el fenómeno, cuanto al cálculo de la eficiencia en el proceso de transformación, entre otras situaciones de cuestiones y problemas extraídos de los experimentos, que pretendíamos que sean llevadas para el aula.

Durante el momento de la exposición en que cuestionamos los experimentos no había tiempo para convertir la información relativa al fenómeno en datos con valor numérico para efectuar un cálculo. También no era esta la perspectiva experimental de la exposición de los museos. Mismo así, muchos aspectos discutidos en las estrategias de presentación de la exposición podían haber sido utilizados en las respuestas de algunos ítems y hasta atender a una cuestión como un todo. Pero cabía al proceso progresivo de la programación escolar establecer una discusión/problematización más efectiva de lo que fue tratado en la visita. Pero faltó una mayor disponibilidad de tiempo en horas-aula en la asignatura. Faltó una mayor afinidad en la acción del profesor con este tipo de abordaje. El profesor a través de nuestras reuniones de trabajo conocía los caminos que trazamos por donde y como problematizar a partir de los experimentos. Pero no conseguía implementar de forma integral lo planeado, en su acción en el aula. En la escuela la nueva información técnico-científica debería ser presentada de forma integrada, para poder tratar las cuestiones y problemas a partir de datos extraídos de los experimentos. La escuela necesitaría haber dado continuidad al contenido pertinente. Cuyo camino propuesto fue seguir las estrategias didácticas de presentación de los experimentos.

Mientras tanto, lo que ocurrió en la respuesta en el **cuestionario-2** con respecto a la problematización de los experimentos, refleja menos, cuando consideramos la evaluación de la capacidad de problematizar los experimentos, efectuada a través de las **entrevistas**. Entre los 14 alumnos envueltos del grupo, el perfil en el desempeño satisfactorio, en la capacidad de promover informaciones relevantes fue de 57 % de los entrevistados. Pero

tenemos que observar que, las **entrevistas** apenas se localizaron en la exploración de algunos experimentos, explorando la capacidad de solución en lo que aparecía como más afín y de interés entre los entrevistados. Por otro lado, aún existía un diálogo de mediación con el especialista, que propiciaba una interferencia favorable en la respuesta. Mientras que el **cuestionario-2** estaba alcanzando prácticamente todos los experimentos de la programación y no existía una interferencia mediadora, como había ocurrido en las entrevistas, que auxiliase/estimulase el alumno a encontrar una respuesta.

Efectuando ahora una comparación entre el primer y segundo estudio con relación a los resultados de la problematización de los experimentos. En el primer estudio, fue mostrado que la mayoría de los alumnos no estaban preparados para problematizar por lo mostrado en el **cuestionario-2** y ni tuvo la capacidad de fornecer informaciones relevantes durante las **entrevistas**. Mientras que en el segundo estudio, este efecto negativo fue en parte revertido. Una vez que un poco más de la mitad de los entrevistados mostró ser capaz de fornecer informaciones relevantes en la problematización de los experimentos. Y un desempeño menos evidente ocurrió en el cuestionario, en que apenas un poco más de uno terco del grupo mostró un desempeño satisfactorio.

En un análisis comparativo más amplio que efectuamos de este estudio con el primer estudio, entre los diferentes mecanismos evaluativos (narrativa descriptiva, entrevistas, evaluaciones escritas), concluimos que el resultado del segundo estudio mostró que la acción integrada tuvo un efecto más favorable. En la cooperación actual del segundo estudio, con todas las dificultades descritas, conseguimos promover un poco más el desarrollo del aprendizaje en conceptos y proposiciones relativo al contenido CTS propuesto (tanto en el mejoramiento del conocimiento técnico-científico cuanto en el desarrollo de habilidades). Pero, el desempeño esperado para este estudio era de un efecto mayor en el aprendizaje. Una vez que, el sistema de evaluación mostró apenas un efecto moderado satisfactorio, por alcanzar apenas un desempeño regular en la mayor parte de los alumnos del grupo en ese segundo estudio. La descripción cualitativa analítica del acompañamiento efectuado mostró existir muchas dificultades por parte de la escuela en adaptarse a la programación CTS. Una vez que, la metodología de la enseñanza escolar en la práctica no se fundamentaba en el aprendizaje significativo. Considerábamos el papel de la escuela en esta investigación como fundamental. En el de desarrollo de actitudes y procedimientos favorables para incorporar y problematizar el contenido que constaba de la programación para una acción integrada. Como la escuela no consiguió salir de forma

deseada de su perspectiva tradicional dejó de hacer su parte adecuadamente. Lo que comprometió parcialmente la intención del Centros de Ciencias en favor de una propuesta innovadora para la programación escolar.

#### **6.4.2 Consideraciones sobre el trabajo del profesor en el aula para conclusiones.**

En la descripción cualitativa (efectuada en el ítem anterior de este capítulo), en nuestra apreciación del campo de estudio, veníamos acompañando las dificultades del profesor para que durante nuestras reuniones pudiésemos tentar mejorar lo que no estuviese saliendo a nuestro gusto. A pesar de tener compromiso con nuestra línea de acción, el profesor tenía autonomía en sus acciones en la escuela para tratar el contenido de la manera y con la visión que le convenga y tenga condiciones de emprender. Después de la primera visita el trabajo en el aula debería haber sido más volcado a los cuestionamientos efectuados en la exposición. Mientras tanto, observábamos que estaba faltando más objetividad y direccionamiento de su acción a nuestra programación. Delante de nuestras cobranzas el profesor se quejaba que no había tiempo suficiente para efectuar una transposición del contenido para los experimentos que le íbamos a cobrar.

No discordábamos del hecho del tiempo en el ser lo suficiente y sabíamos de la dificultad de proponer a la escuela insertar más horas semanales en la programación de las asignaturas. Por su vez, delante de las dificultades del profesor en dar secuencia a la acción integrada, llegamos a prorrogar, con la concordancia del profesor y de la escuela, el período previsto para encerrar esta acción en más dos meses (un hecho que hizo que esta cooperación vaya hasta el final del año lectivo).

Aún así, verificamos que los alumnos no venían desarrollando subsidios conceptuales para atender la amplitud de la programación propuesta en cooperación. El profesor no conseguía efectuar una adaptación de la programación escolar al conocimiento relacionado a los experimentos. Necesitaba efectuar cambios en la forma de estructurar a la presentación del contenido centralizado en el tema energía y no por áreas del contenido de la Física. Teniendo aún que llevar en cuenta que, las ideas más generales e inclusivas deberían ir siendo trabajadas desde el inicio tomando como referencia los principios de la diferenciación progresiva y de la reconciliación integradora. Que envolvían asociaciones delante de las estrategias trabajadas donde ocurrían relaciones analógicas que mostraban

diferencias y similitudes en relación a la fundamentación teórica contenida en los experimentos. También, solamente a partir de la diferenciación progresiva es que aparecerían algunos detalles y especificidades del contenido asociado (que muchas veces se constituyó en la parte inicial de la enseñanza tradicional). Así requeríamos del profesor que conocía y acompañaba el trabajo desarrollado en la visita a la exposición que ejercite una programación escolar más armónica con lo que era visto junto a la programación de los experimentos. Al final para atender la acción integrada era importante que los alumnos llegasen con condiciones de enfrentar la profundización del cuestionamiento de los fenómenos. Para que en la secuencia de las visitas se tenga una comprensión del porque estaban visitando nuevamente los mismos experimentos.

A pesar del comportamiento favorable demostrado por los alumnos del grupo durante la segunda visita y de nuestra orientación para el trabajo que el profesor debería desarrollar en la escuela, en la secuencia del acompañamiento, continuábamos observando que no había el progreso necesario y esperado en el aula. El profesor no conseguía salir como combinado de la perspectiva tradicional de abordaje. Por su vez, muchos alumnos venían encontrando dificultades con la Física. Y la acción del profesor en su sistemática de trabajo no conseguía contornarlas. No podría así la programación propuesta en cooperación ser trabajada adecuadamente en la escuela, dentro de lo que recomendamos. Teníamos también una preocupación con la exiguidad del tiempo, que por su vez, ya había sido prorrogado. Lo que llevó a redirigir el trabajo, efectuando algunas simplificaciones que dejaban de envolver detalles y especificidades de los fenómenos. Existían en la fundamentación teórica algunos modelos conceptuales específicos, como en la comprensión de la ley de Faraday, del efecto fotovoltaico, del efecto electroquímico, y del efecto invernadero (estufa), consideradas situaciones de mayor complejidad, que para este nivel de escolaridad, tendrían que ser aún más simplificadas. Teníamos que hacer lo que fuese posible para que toda la programación de visita sea trabajada en la escuela, aunque, nos detengamos a tratar algunos hechos relevantes con simplificaciones, evitando detalles y especificidades.

En nuestra evaluación, por el acompañamiento efectuado, el profesor, a pesar de haber buscado llevar para el aula la programación propuesta, no conseguía trabajar de forma adecuada para que los alumnos se cualificasen a una comprensión más amplia de las cuestiones de naturaleza contextual colocadas por los experimentos. La mayoría de los alumnos no conseguirían llegar a un buen y óptimo desempeño propuesto por el sistema de

evaluación utilizado. El profesor a pesar de estar acostumbrado a trabajar por la enseñanza tradicional demostró querer dar pasos en el sentido de la alfabetización científica. Que exigía del mismo una mayor cualificación e inversión de tiempo en la preparación de las clases. Pero, lo que aparecía como nueva información, relativa a los experimentos trayendo mayores complejidades, los alumnos mostraban dificultades. Con el profesor en la escuela no consiguiendo atender/sanar estas dificultades. El profesor participaba de la exposición y de nuestras reuniones de trabajo de coordinación, acompañaba las estrategias con que abordábamos a los experimentos, conocía los cuestionamientos efectuados, y el tipo de problematización que encaminábamos para que sean trabajadas. Por algún motivo, que no quedo muy claro/explicito en el trabajo que emprendimos en la preparación/cualificación del profesor, lo que fue programado, no se reflexionó debidamente en su actuación en el aula.

Por los registros que conseguimos efectuar, el profesor, a nuestro ver, evitó trabajar debidamente en el sentido de nuestras estrategias. Por no estar acostumbrado a trabajar en la perspectiva de integrar contenidos para efectuar una transposición didáctica para resolver problemas contextuales. El trabajo que el profesor mostró efectuar con los alumnos en la escuela no surtía el efecto deseado. Probablemente, por la falta de tiempo (que no tenía y que dejó trasparecer), para dedicarse a la preparación de clases que atiendan a la propuesta. A este factor también podemos asociar el hecho de que él aún era muy influenciado por la línea del abordaje tradicional. Era lo que estaba acostumbrado a practicar y se sentía a gusto para trabajar. Lo que fue mostrado en los momentos en que estuvo envuelto con cuestiones y problemas más próximos de la enseñanza tradicional. Delante de este contexto, los resultados mostrados por los alumnos relativos al dominio de conceptos y proposiciones contenidos en la solución de problemas podrían haber sido más satisfactorios.

A pesar de este estudio, la programación escolar se encuentra en mayor consonancia con la programación de la exposición, en comparación con lo que ocurrió en el estudio anterior, podemos concluir que faltó aún un trabajo más adecuado en la obtención de mejores resultados en favor de la acción integrada. En la perspectiva que trabajamos, en relación al referencial teórico utilizado, podemos concluir que estuvo faltando a la escuela una conceptualización para una educación en la perspectiva CTS. Que requería un trabajo académico adicional de integración de contenidos: en conocimientos, en procedimientos, en actitudes, en normas y valores. Los alumnos no estaban acostumbrados a trabajar en esta perspectiva, a pesar de haberse interesado por la acción cooperadora. Mostraban que habían

desarrollado su formación por un histórico de sistema de enseñanza que requería más el aprendizaje receptivo de naturaleza mecánica (con poca inversión en el aprendizaje significativo). El profesor en la escuela, aún sensible a una acción integrada, no fue capaz de cambiar esa tendencia. A nuestro ver, el profesor que conocía nuestra propuesta podría haber hecho más por la cooperación si se hubiese invertido más en su preparación para tal. Aún que no hubiese tenido disponibilidad de tiempo de preparar sus clases y no ha habido disponibilidad de aumento de número de clases semanales en la asignatura, el profesor debería haberse dedicado más para los compromisos con la exposición de experimentos. Hasta porque en el contacto que manteníamos durante las reuniones de coordinación mostró que, si se hubiese preparado debidamente para tratar de la programación propuesta adecuadamente en el aula, tendría condiciones de hacer un trabajo diferenciado en lo que conseguimos acompañar.

Podemos concluir del análisis efectuado que en esta perspectiva de integración con la escuela, mucha cosa aún necesita ser hecha. A pesar de haber mostrado indicadores de que existe posibilidad de ser efectuada esta cooperación, vamos continuar teniendo como grande obstáculo, la tendencia a la mantención de la enseñanza tradicional en la escuela, más direccionada a los procedimientos informativos que propician a una retención mecánica. Tuvimos la impresión de no hacer sentido para que el profesor no se envuelva con un abordaje programático en que los asuntos no puedan ser explorados de forma fragmentada. En la que él estaba acostumbrado y fue formado para trabajar en áreas específicas del conocimiento. Lo que lo convierte en muy difícil quebrar la secuencia tradicional. A pesar de este hecho, una programación más integral fue favorecida en el segundo estudio por la flexibilidad existente en la programación de la enseñanza primaria. En que, a pesar de las dificultades encontradas, fue permitido trabajar en dirección a la programación de nuestra exposición con énfasis en el tema energía. Demostrando ser posible efectuar una integración de contenidos distribuidos en diferentes áreas del conocimiento. Lo que mostró ser posible efectuar una transposición didáctica a través de temas integradores. Inclusive en condiciones adversas, por faltar aún a la escuela una capacidad específica para integrar contenidos de la asignatura en su propuesta por la lógica pedagógica, se puede mostrar que existen caminos para desfragmentar una programación de enseñanza. En esta investigación esperábamos que con el auxilio del Centros de Ciencias la escuela se inclinase un poco más, a atender a una perspectiva de enseñanza más contextualizada para la alfabetización científica, un hecho que no ocurrió en su plenitud.

En el último capítulo de conclusiones y recomendaciones haremos una breve retrospectiva y un análisis conclusivo que integra los resultados obtenidos en los dos estudios. Este análisis será efectuado en razón de los objetivos e hipótesis iniciales y en relación a la importancia del referencial teórico utilizado en todo el estudio. Buscaremos evaluar las dificultades que pasamos a querer proponer una nueva programación para la escuela que se integre a una propuesta de programación de la enseñanza de la Usina Ciencias. Buscaremos mostrar la importancia de estructurar a la exposición de los museos por sector, con cada uno de ellos incorporando un tema. Recomendando que se debe elegir un contenido de enseñanza con conceptos y proposiciones bien definidos en la presentación de la exposición. También iremos mostrar la importancia de utilizar como referencial teórico el aprendizaje significativo clásico y el aprendizaje significativo crítico, mostrando la importancia de utilizar en la interpretación de los resultados los principios innovadores incorporados por Moreira a esta teoría. Entre otras recomendaciones relativas al abordaje de la exposición y la interacción museo-escuela.

# **CAPÍTULO 7**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación se originó con nuestra iniciativa, en la condición de perito y en la condición de Coordinador de la exposición de experimentos en Física en nuestro Centros de Ciencias local. Procuramos examinar algunas formas de establecer relaciones posibles a una interacción más efectiva entre la escuela y nuestro Centros de Ciencias que podría promover un aprendizaje significativo entre los estudiantes de educación primaria y secundaria. También teníamos la intención de auxiliar a la escuela para la enseñanza de Física/Ciencias, un poco más contextualizado acercándose a la programación tradicional de una alfabetización científica. Para ello ofrecimos una programación de contenido relacionado con una serie de experimentos envolviendo el tema de la energía. Para consolidar la acción integrada era necesario contornear la gran disonancia que existía entre la enseñanza escolar (fragmentado a través de diferentes áreas y poco contextualizada) y la propuesta de enseñanza por exposición de experimentos (que exploraba un conocimiento científico y tecnológico de los intereses de la sociedad). Sin embargo, la escuela en su programa de estudios de Física y de ciencias mostraba no ofrecer mucho espacio para el tema de la energía, que inclusive era presentado en forma fragmentada dentro de cada área tradicional de estudio. La elección de este tema desde la perspectiva CTS de enseñanza en la sociedad técnica- científica actual, tiene un papel importante por su naturaleza centralizadora.

En la investigación cualitativa que efectuamos teníamos como objetivo general, *investigar si el acervo de experimentos constantes de la exposición regular de nuestro Centros de Ciencias podría desempeñar un papel eficaz en el proceso de enseñanza-aprendizaje a fin de crear condiciones para la aparición de un aprendizaje significativo para el tema de la energía, ya que la visita a la exposición ha sido integrada al curriculum de la asignatura Física de la escuela. Además hemos tenido dos objetivos específicos: el hecho de comprobar la importancia del tema energía, como una perspectiva prometedora para la formación escolar del alumno dentro de un sistema CTS de enseñanza; y la verificación de saber cuál es el significado y cuáles son las posibilidades existentes para*

*implementar un programa de formación para la alfabetización científica. a partir de actitudes y procedimientos realizados en la comprensión y participación del sistema escolar (estudiantes, profesor, coordinación, administración).*

En la revisión de la literatura era de interés para buscar estudios más recientes que traten de mostrar evidencias de la influencia de la exposición de los museos en el aprendizaje de ciencias con o sin la colaboración de la escuela, que utilicen principalmente la teoría del aprendizaje significativo (Gouvea et al, 2001; Elias et al, 2004; Ramey-Gassert et al, 2006; Guimarães et al, 2006). Los resultados mostrados por estos estudios normalmente no estaban bien definidos y existiendo recomendaciones para un análisis más detallado. Haciendo referencia a la teoría del aprendizaje significativo lo que más había sido utilizado hasta ese momento, involucraba preocupaciones con los organizadores previos, en razón de una preparación para lo que iba a ver en la exposición. Por la revisión literaria que hicimos en la interacción museo-escuela, aún no se habían llevado a cabo un acompañamiento del desarrollo cognitivo del alumno a la luz del aprendizaje significativo clásico o incluso, haber sido incorporado aquellos aspectos renovadores de esta teoría, traídos por el aprendizaje significativo crítico (como efectuamos en este estudio).

Hubo estudios interesados con la enseñanza a partir de problemas experimentales que utilizaban auxiliares didácticos a fin de estructurar el contenido a ser enseñado en una determinada área de la enseñanza basada en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (Lopes, 2002; Andrés, 2005). Esos estudios buscaban mostrar que la práctica experimental como un recurso de instrucción, es relevante para ayudar al estudiante cuando realizada correctamente por procedimientos y estrategias que lleven a la mejora conceptual del contenido. Lo que se tuvo en cuenta en la estructuración de la programación para la presentación de los experimentos de la exposición. En la literatura también se ha observado que en asignaturas tales como la Física y como la ciencia, por ser considerados de contenidos "difíciles" para los alumnos. Por esta razón, para ayudar al alumno, debe hacerse una conexión entre la teoría y la práctica, como si fueran "ciencias experimentales" volcadas para cuestiones contextuales (Esteban, 2003). Fue en este sentido del entrelazamiento entre la teoría y la práctica contextualizada que llevamos a una exposición interactiva de experimentos para la programación escolar. En la que buscamos averiguar la eficacia de una enseñanza que busca capacitar en algunos aspectos de la tecno-ciencia utilizado en la vida cotidiana. Para hacerlo, seleccionamos el tema energía que es considerado muy importante para un enfoque CTS (Schauble et al, 1997; Sterner y James,

2002; Allen, 2004; Kevin et al, 2006). Para supervisar las dificultades existentes en el aprendizaje de este tema consideramos dos referentes (Solbes et al, 2004; Barbosa et al, 2006).

Otra preocupación en la revisión literaria para guiar en el enfoque de la programación de enseñanza utilizado fue con la transposición didáctica del conocimiento científico-tecnológico de la ciencia actual para los conocimientos enseñados en nivel y adecuación del lenguaje (Chevallard, 1991; Allard et al, 1996; Simonneaux et al, 1997; Asensio et al, 1999; Marandino, 2001 y 2004).

Para estructurar la programación de la enseñanza asociada a los experimentos, utilizamos algunos aspectos de la teoría de los campos conceptuales y del aprendizaje significativo. Que fueron utilizados para desarrollar las estrategias didácticas de abordaje a los experimentos. De los campos conceptuales la idea de que los experimentos eran tratados discriminadamente como una clase y subclase de situaciones de enseñanza. Debido a la naturaleza específica de los fenómenos y afinidades conceptuales con la Física involucrada. Con respecto a la utilización de la **TAS** tenía una preocupación explícita en la selección de los conceptos y proposiciones pertinentes del contenido involucrado, de los totales a los específicos de cada clase o subclase de experimentos. A fin de no perder de vista de lo que fue más relevante a los experimentos se presentaron en sus ideas más generales e inclusivos (en conceptos y proposiciones), para después se concentrar en las especificidades. Esta idea de centralizar el abordaje en conceptos y proposiciones para el aprendizaje de una idea científica (una nueva información), la misma, tendría que interactuar con otros conocimientos ya dominados. Que Sirven inicialmente de anclaje que permite compartir significados (ampliando y modificando los conceptos subsumidores explícitos al mundo de la ciencia).

La teoría ausubeliana se preocupa por potencializar una programación de enseñanza proponiendo conceptos explícitos y estableciendo principios para que pragmáticamente puedan ser siendo utilizados en la programación escolar y sean asimilados significativamente. Mientras que en la teoría vergnaudniana, la propuesta de programación de enseñanza sólo se presenta como una programación de enseñanza, cuando surge en la mente de quien aprende cómo situaciones implícitas de aprendizaje. Pero no consideramos que el contenido de enseñanza en los experimentos como un campo conceptual. Nuestro compromiso residió en elegir los conceptos y principios pertinentes de la ciencia relacionada a la clase o subclase de una serie de experimentos que pasaron a

constituirse como propuestas de situaciones-problemas para la solución. Con el sólo sentido de estructurar la programación de la enseñanza. También de esa teoría, estaba siendo incorporada la idea de que cada campo de estudio trae una realidad diferente en complejidad, en lenguaje y con respecto a la importancia que la misma da, en la solución de cuestiones y problemas con el objetivo de la evolución conceptual.

Para realizar el proceso de investigación de enseñanza-aprendizaje mediante un tema tan amplio como energía, era necesario llevar a cabo un recorte en la programación de la exposición. Explorando algunos aspectos sobre el tema energía eléctrica (que denominamos de "clase de situaciones de enseñanza 1") y sobre el tema transmisión de calor para calentamiento por irradiación solar (a la que denominamos de "clase de situaciones de enseñanza 2"). Los experimentos de la clase 1, exploraban las principales formas de generar electricidad y todavía estaban separados por subclases relacionadas a las especificidades de cada forma de generación. Mientras que la clase 2 exploraba las formas de transmisión de calor y el efecto invernadero. Integraba las dos clases de un contenido más general e inclusivo, los principios de conservación de la energía (denominada la primera ley de la termodinámica) y lo que rige la eficacia y la dirección con que ocurren las relaciones y las transformaciones de la energía (denominada la segunda ley de la termodinámica).

A la luz de lo ocurrido, en el curso de la investigación acabamos priorizando el trabajo con la "clase de situaciones de enseñanza 1", ya que, era el lugar donde se concentraba la mayor dificultad de entendimiento por causa de estar envuelta en muchos conceptos y propuestas teóricas, al mismo tiempo era el lugar donde se localizaba un número grande de experimentos que podrían traer más cuestiones y problemas para el aprendizaje del contenido y también era el sector de la exposición que despertaba un grande interés. La "clase de situaciones de enseñanza 2", envolvía en una menor cantidad los conceptos y proposiciones y fue aquí donde los alumnos mostraron más facilidad, y quedando concentrada la mayor dificultad en la comprensión del efecto invernadero. En experimentos anteriores observamos que la grande dificultad de una propuesta de enseñanza informal estaba relacionada a la rápida visita del alumno delante de una inmensa y vasta programación. De esa forma, a través de nuestra programación didáctica buscamos constituir una acción conjunta con la escuela haciendo con que, con la mayor disponibilidad de tiempo existente en la acción escolar, los experimentos podrían volverse en un recurso de instrucción muy importante para facilitar el aprendizaje. Mostrando los

fenómenos a través de una conexión entre la ciencia y la tecnología. Es recomendable siempre recordar acerca de la complejidad de asimilación de los conceptos y propuestas que ofrece esta zona de estudio.

En la diversidad de acciones que efectuamos a partir de las estrategias de nuestra programación, no tuvimos experiencias anteriores de investigación que retratasen el aprendizaje de la energía en una acción integrada a la escuela, basado en el aprendizaje significativo clásico y crítico. Hemos llevado a cabo investigaciones buscando mostrar y justificar regularidades e irregularidades en el comportamiento de dos grupos de alumnos acompañados en diferentes momentos. El objetivo era investigar cómo el proceso de enseñanza-aprendizaje en la escuela vendría a incorporar el tema de la energía en la perspectiva CTS de la divulgación científica de la Usina Ciencia que integra diferentes áreas de la Física y un poco de la Química. El primer estudio sirvió para traer datos y también para que sea referencial en la organización del segundo estudio. El segundo estudio trajo más datos para apoyar la propuesta, además de subvencionar un análisis comparativo de la acción en las dos diferentes realidades educativas. Ambos estudios utilizaron la misma programación y la misma sistemática de evaluación buscando preservar los diferentes niveles de escolaridad, lo que facilitó el análisis comparativo.

A pesar de las diferentes especificidades, perspectivas educativas y objetivos entre la programación de la escuela y la programación de la **Usina Ciencia**, teníamos la intención, al comienzo de ambos estudios, de llegar a resultados más favorables. En respuesta a los objetivos planeados. Lo ocurrido en el primer estudio en la red de la escuela secundaria pública local, nos mostró, por la desestructura escolar observada y por la deficiencia en el histórico escolar de formación de muchos de aquellos estudiantes, la imposibilidad de obtenerse un rendimiento satisfactorio con respecto a la propuesta. Este resultado sirvió para hacer reflexiones sobre la estructuración del segundo estudio. Y en la que estuvimos investigando una instancia de enseñanza que se mostraba más estructurada (red privada de enseñanza local). Debido a las diferencias existentes en estos dos sectores de la educación en nuestra región, creíamos que, en el segundo estudio, con la participación de un grupo de estudiantes de educación primaria en un menor nivel de educación, nosotros podríamos superar las dificultades que plantean las innovaciones propuestas a la asignatura escolar que posteriormente podríamos obtener un resultado satisfactorio dentro de lo previsto. Para ello, hemos tenido la mayor atención y cuidado en la preparación del docente y de la clase para actuar dentro de la propuesta. Los resultados obtenidos por algunos

procedimientos evaluativos utilizados fueron considerados satisfactorios, lo que, mostró que la acción integrada ha logrado un resultado más favorable a la propuesta. Sin embargo, por lo presentado a través de la narrativa descriptiva, nuevamente no conseguimos organizarnos de la forma deseada de acuerdo con la programación escolar, dentro de lo planeado.

En los dos estudios durante la preparación y ejecución de las actividades había el interés del profesor en traer sus alumnos para la exposición e interactuar con una colección de experimentos y aún ser instruidos sobre la programación a ser seguida. Sin embargo durante su actuación en la escuela, el profesor no conseguía desempeñar un papel más eficaz para la obtención de un resultado altamente eficaz en la enseñanza técnico-científico que esperábamos llevar a cabo. En estos dos estudios, observamos que los profesores encontraban dificultades de naturaleza académica y administrativa, no sintiéndose a gusto para aplicar la programación elaborada para la acción integrada. Tal vez, porque requiere una preparación mayor en algo que personalmente en la que el profesor no tenía tiempo para poder involucrarse ampliamente para efectuar una transposición didáctica-metodológica en un lenguaje accesible. A su vez la mayoría de los estudiantes estaban más acostumbrados a un aprendizaje mecánico para retransmitir la información recibida. La mayoría de los estudiantes, principalmente en el 1 ° estudio, demostraban poco interés y afinidad en estudiar para atribuir significados con relación a la Física. La mayoría de los alumnos en los dos estudios demostraron no mostrar capacidades cognitivas para desarrollar procedimientos y actitudes sobre lo que habíamos planeado. Así el sistema escolar no pudo adaptarse y encajarse correctamente en la estructura de enseñanza-aprendizaje que nos habíamos programado. De esta manera hubo mucha dificultad en conseguir que el sistema escolar pueda recurrir a una enseñanza en la que hubo reflexiones sobre cuestiones de interés social de naturaleza técnica-científica. A pesar de existir un compromiso, la sistemática de la enseñanza escolar en su pedagogía tradicional, incluso abriendo espacio en determinado periodo para un nuevo experimento en la enseñanza de Física/Ciencias, la cultura de enseñanza -aprendizaje que fue establecida no conducía a mejores resultados.

En el primer estudio, la dificultad, fue la opción más directa del profesor en dividir el tiempo de hora-clase en la asignatura entre la acción integrada y en la preparación para el examen de admisión. Por lo mostrado en el historial escolar, la cual fue observada, en la formación deficiente, en que la mayoría de los estudiantes se encontraban, no se logró realizar satisfactoriamente, ni uno ni lo otro. Lo que ha dificultado aún más nuestra inversión en contacto con los estudiantes para que consigan acompañar satisfactoriamente la

acción integrada. En el segundo estudio, conseguimos un poco más de armonía, visitando los experimentos con la programación escolar. Teniendo en cuenta el nivel más básico de la escolaridad, los alumnos de la clase han mostrado un poco más que estaban dispuestos a colaborar. Lo que a nuestro juicio, aunque la mayoría de los estudiantes no cumplía satisfactoriamente a lo planeado, el rendimiento de este grupo, mostró los mejores resultados.

En dos estudios durante el proceso evaluativo por entrevistas, delante del fracaso inicial en dar una respuesta utilizando un conocimiento adecuado, hemos tenido que establecer un diálogo con los estudiantes realizando una mediación. La idea era averiguar si ellos conseguían desarrollar modelos (conceptos e ideas) recurrentes delante de la capacidad de cada uno en reformular sus pensamientos y continuar con informaciones pertinentes en aquel momento. En este sentido se entendió que, por existir el compromiso de guardar una amplia gama de informaciones en las distintas asignaturas de la escuela, que los modelos iniciados en la visita e inclusive continuados con un poco más de tiempo en la escuela, para muchos estudiantes, acababan cayendo en el olvido. Ya que, la memoria de trabajo de corto plazo y solo ella no conseguía rescatarlos en la memoria a largo plazo, lo que carecía de estímulos mediadores para el desarrollo de un nuevo modelo que rescate ideas aisladas que no se encajaban en aquel momento, y lo que algunas veces funcionó y otras no.

En algunos momentos durante las visitas de la exposición, además de utilizar el aprendizaje por recepción, también estábamos trabajando desde la perspectiva de la ocurrencia del aprendizaje por descubierta. En la cual, el contenido principal de lo que debería ser aprendizaje por descubierta, por ejemplo, sobre cuestiones de carácter más técnico relativos a hechos envueltos en transformaciones de energía. En la que, según la teoría ausubeliana es admitida que ocurran significados, incluso aún sin ser asimilados a aspectos relevantes contenidos en la estructura cognitiva (que traerían más amplios significados). En nuestro entendimiento el momento de la visita se constituyó en corto plazo, en un momento rico (un momento potencial), para despertar la predisposición al aprendizaje. Además de utilizar el aprendizaje por recepción, también estábamos trabajando en una perspectiva de ocurrencia del aprendizaje por descubierta. Por lo que acompañamos, en lo que fue descubierta, envolvió aspectos de carácter más técnico que los científicos, envolviendo las transformaciones/transmisiones de energía. Como en la teoría ausubeliana es aceptada la ocurrencia de significados, inclusive si no está relacionada a los aspectos relevantes de la estructura cognitiva, el momento de la visita a la exposición, podrían

proporcionar aprendizajes significativos en aspectos más simples de comprensión, incluso iniciar un proceso de adquisición de subsumidores.

En esta perspectiva hemos notado que en los momentos de la exposición, algunos alumnos se despertaron para la comprensión de los hechos donde podrían existir algunas ideas sueltas que no se cerraban. Lo que puede atribuirse a la falta de madurez en la estructura cognitiva y aún la falta de interés para una comprensión más amplia de lo que estaba en cuestión. Simplemente no podríamos hacer poco caso y aprecio a la acción integrada museo-escuela, la posibilidad de aprendizaje por descubierta o incluso repentina intuición, o percepción repentina (*insight*), un aprendizaje que se produce cuando el cerebro trabaja buscando una conexión entre elementos aislados, buscando ver un todo a través de relaciones recurrentes (en nuestro punto de vista, buscando modelar) (Le François, 1982). Posiblemente podría estar ocurriendo una notable reorganización entre conceptos en estudio, en el momento de la visita a la exposición, intentamos permanecer vigilantes durante el diálogo que mantuvimos, durante los registros efectuados fuimos a buscar esta confirmación en las entrevistas, en que fue posible caracterizar la existencia de una comprensión repentina por intuición (*insight*) sólo en referencia a algunos aspectos de carácter tecnológico de menor complejidad conceptual.

La conclusión que llegamos a partir de un análisis realizado, es la de que el aprendizaje significativo requería inicialmente, la subordinación de la retención de la nueva información a base de conocimientos previos existentes. Este hecho provoca una retención con significados (adecuadas o no, en aquel momento). Como las estrategias de la programación, fueron programadas para utilizar un proceso de diferenciación progresiva, los significados originales aún poco desarrollados podrían evolucionar (y llegar incluso a una adecuación con el pronóstico científico). Para ello era necesario tener tiempo disponible en la escuela para acompañar al alumno en el aula y si requiere su participación, para que el profesor pueda averiguar cuando los significados atribuidos por los estudiantes en las actividades de programación se alejaban o se acercaban de la descripción científica. Delante de una actividad de enseñanza-aprendizaje la que más afecta a los principios planteados por la **TASC** la participación del estudiante tendría que ser de un aprendiz perceptor/representador. Pudiendo en este proceso participativo, también siendo llevado en cuenta el principio del desaprendizaje por el error, lo que solicitaría reducir el espacio de exposición del profesor y la reformulación del discurso cargado de colocaciones que no despertaba o no estaba dirigida a establecer interrogaciones/provocaciones. Cuando no

existe conocimiento previo, una nueva información no puede estar subordinada a subsumidores inadecuados de los alumnos. Siendo necesario una mayor actuación del grupo en discutir/modelar las situaciones de enseñanza, para que progresivamente en el aula y en la continuidad de las visitas fueran posible trabajar en la superación del error (en la superación de significados inadecuados).

En esta influencia mutua, entre nuevas ideas e ideas preexistentes, necesitaba existir en el enlace conceptual una reconciliación integradora. Que podría ocurrir por una súper-ordenación o por la combinación de la superposición de ideas en la mente del aprendiz. Dado que la enseñanza escolar estuviese más comprometido con la programación establecida y dedicada más tiempo a la misma, podría haber usado los procedimientos, de diferenciación progresiva y reconciliación integradora, previstos en las estrategias didácticas del tratamiento del tema, buscando resultados más satisfactorios. Como estas estrategias estaban mucho más presentes en la realización de las experiencias durante las visitas que en la continuidad de la acción en la programación de la asignatura, hubo una ruptura en el ciclo interactivo que necesitaba suceder armónicamente. Creemos que esto es una manera de justificar por qué la metodología de enseñanza de la programación no produjo el efecto deseado.

La intención que teníamos en esta investigación, era acompañar mejor el significado que la escuela podría dar a nuestro trabajo de divulgación científica mediante la perspectiva **CTS**. Ya que durante el año académico la busca por nuestra exposición regular es demasiado grande. Lo que nos llevó a considerar que, delante de lo que ocurrió en esta investigación, pensar de la manera como es dicho en algunos estudios que los museos por su potencial expositivo puedan funcionar como una especie de interfaz entre los centros de producción de ciencia y tecnología y la escuela (Botelho, 2001; Perez, 2004; Lopez et al, 2004; Vieira, 2005). En este estudio, tratando con un contenido en Física, de la forma como nos propusimos trabajar conjuntamente, no ha mostrado que podemos sellar formalmente este compromiso con facilidad.

Delante de la estructura de la programación de la enseñanza puesta en práctica y de la investigación didáctica efectuada, hemos llevado a cabo una acción integrada, el interés para comprender el fenómeno en sus distintos niveles de dificultades que se presentan. Lo que fue efectuado en relación a los aspectos científicos, técnicos y sociales explorados por el sistema de **CTS**. El resultado de nuestro análisis evaluativo mostró que, cuando se trataba de aspectos sociales, los estudiantes a menudo tenían potencial y actitudes para responder

haciendo representaciones adecuadas en contenidos, códigos y lenguajes. Mientras que los aspectos de carácter tecnológicos, ni siempre observamos que, los estudiantes conseguían justificar los hechos traídos por la nueva información, debido a la falta de una base de conocimientos pertinentes que puedan convertirse en funcionales (también la falta de dominio en códigos y lenguajes no ayudaba). Pero la mayor dificultad observada en la asimilación de nueva información estaba relacionada con el dominio de los conocimientos científicos en Física (el dominio de conceptos y las proposiciones elegidas para formar la programación conjunta). Fue donde existieron las mayores dificultades para atribuir significados, en utilizarse representaciones adecuadas para esclarecer el hecho.

Aunque, desde la perspectiva de trabajo de la Usina Ciencia, hubiésemos intentado trabajar con un lenguaje científico accesible y con exposiciones y textos desarrollados que despertaran actitudes favorables de aprendizaje. Incluso se busca crear impactos para una predisposición a actitudes favorables, explorando algunas situaciones de enseñanza de forma lúdica, para despertar para un mayor interés/curiosidad con el conocimiento científico. Con todos estos factores contribuyendo favorablemente para la acción integrada, no podríamos reemplazar la escuela para que el conocimiento científico se vuelva funcional para el alumno. Como no se produjo la participación esperada de la escuela, la acción integrada no surtió el efecto deseado. Lo que de cierta manera se conjuga con la hipótesis de introducción que dice: *un aprendizaje eficaz de la exposición experimental de los museos (o centros de ciencia) ocurre a partir de una actividad teórico-experimental desde la perspectiva CTS articulada al proyecto pedagógico de la escuela.*

Sobre la base de una enseñanza de ciencias en la escuela predominantemente informativa y centralizada en información en el libro de texto, programado sólo para que el estudiante sea exigido a reproducir conocimientos sin un efectivo compromiso con la atribución de significados. También, la grande cantidad de temas tratados hace que esta enseñanza sea muy agotadora. No se ofreció las necesarias condiciones para la formación de un aprendiz perceptor/representador y no se llevo en cuenta que el conocimiento se produce a partir del desarrollo del lenguaje. Aunque aparece en la literatura que las alianzas entre la escuela y el Museo no deben ser temidas ni entendidas como algo de carácter reduccionista, tanto desde la perspectiva de la función de los museos así como de la función de las escuelas (Botelho, 2001). Para que la escuela cambie su enfoque y actúe junto a los museos en la mediación cultural científica-tecnológica de los estudiantes, mucha cosa necesitaría ser hecha en la adaptación del sistema de educación escolar en favor del

aprendiz. Tendría que ser tomado en cuenta durante el proceso de adaptación en la escuela, teniendo en cuenta el principio de que el libro de texto no tenga el papel central. Una vez que se consiga efectuar la transposición didáctica del material escrito conducido por diferentes medios, es decir, utilizar códigos y lenguajes accesibles para que sean llevadas al aula (para complementar o sustituir el libro de texto). Es menester observar aquí que la transposición en un lenguaje científico adecuado para la audiencia de edad escolar, no viene a convertirse en una tarea sencilla para los especialistas de diferentes áreas (Esteban, 2003). A su vez, delante de las dificultades existentes, la transposición está siendo dejada a criterio de las ideologías dominantes, a los medios oficiales que desarrollan, regulan y promocionan las investigaciones, que no trasladan necesariamente todos los conocimientos sobresalientes que la sociedad necesitaría saber (Fernández et al, 2003).

. En nuestra realidad local, la escuela aún sistematizaba sus contenidos de estudio en el libro de texto didáctico adoptado, lo que viene en contra del principio de la no centralidad del libro texto. Una lectura que a pesar de haber sido recomendado por el profesor en los dos estudios fue subutilizada por la mayoría de los estudiantes. En las situaciones de enseñanza-aprendizaje que acompañamos, se trabajaba predominantemente con apuntes de clase del profesor. Los estudiantes a pesar de ser alentados a leer el libro de texto y otros escritos complementarios, no fueron cobrados a través de actividades/tareas para que puedan ejercer esta lectura. Delante de esta realidad no fue posible avanzar en relación a la transposición didáctica del material escrito que dispusimos. Incluso con la preocupación de seleccionar textos adecuados y en lenguaje accesible que pudiese complementar el libro de texto de la escuela, la mayoría de los estudiantes no han mostrado tener el hábito de la lectura, lo que hizo que sea más difícil obtener datos para una evaluación del material que se encontraba disponible. A su vez, verificamos que los profesores en ambos estudios, no consiguieron revertir esta situación. En los registros que hemos obtenido en el diálogo con los estudiantes, ilustra la dificultad de expresión con el lenguaje científico y a la que atribuimos como motivo bien fuerte a la falta de lectura. De esta manera, no podrían atender al principio del conocimiento como lenguaje. Dado que la mayoría de los estudiantes no podía expresarse con mínima fluidez utilizando las representaciones simbólicas adecuadas frente a las situaciones que se les pedía describir.

La literatura informa que para la implementación de un sistema CTS de enseñanza, mucha cosa se ha hecho para superar la condición de ser simplemente una estrategia didáctica de enseñanza pasajera. Para volverse una tendencia, para la cual ya se encuentran

elaborados cursos completos de ciencias (Satis, 1986; Salter, 1996; apud Esteban, 2003). Pero, al menos, en la realidad brasileña que conocemos, nos faltan más iniciativas con este nuevo enfoque. El contenido físico en el enfoque tradicional (todavía está muy presente en la mayoría los libros de texto de educación primaria y secundaria). A su vez, llega a colocarse que no existen herramientas conceptuales para analizar y ni siquiera vocabulario adecuado para una evaluación de los textos de CTS (Cajas, 2001). Todavía se dice que, con la desactualización de la programación escolar, la educación científica de las personas sufre grandes pérdidas y no causa interés en el aprendizaje de ciencias. A lo que se agrega el hecho de que, sin abordar cuestiones de carácter técnico-científico, las personas pierden la oportunidad de tratar con estrategias de una enseñanza orientada a la investigación científica (Fernández et al., 2003). Lo que hace con que el abordaje efectuado del tema de la energía en este estudio, se vuelva un material sobresaliente.

El mayor obstáculo para la elaboración de material didáctico para la secundaria en un sistema **CTS**, en nuestro punto de vista, esto radica en el hecho de que los autores de libros no pueden contraponerse a la propuesta teórica contenida en la mayoría de los exámenes de admisión en las universidades brasileñas. Que aún no consiguen romper con la secuencia del abordaje tradicional. Últimamente, sin embargo, han aparecido algunas iniciativas de sectores oficiales que administran la educación. En que han mostrado interés en colocar en práctica una programación más calificada y dirigida para tratar cuestiones contextuales y desarrollar las potencialidades cognitivas en los estudiantes. Estos exámenes deberían incorporar una filosofía evaluativa en la que el contenido no sea el final del aprendizaje, sino un medio para que el estudiante muestre competencias y habilidades requeridas en el mundo de hoy (de acuerdo a los parámetros del currículo nacional para la educación primaria y secundaria en Brasil).

Nuestro trabajo de investigación indica que la práctica académica de la escuela local no ofrece las condiciones a la que profesores y alumnos puedan adaptarse a una metodología que de resultados en enseñanza-aprendizaje para la atribución de significados en una perspectiva **CTS** como proponemos. El historial de los procedimientos y condiciones de enseñanza que las escuelas ofrecían no se adaptan a lo que queríamos implantar. Por lo que conseguimos acompañar, la visión administrativa de enseñanza propedéutica en la escuela, ya influenciaba a tal punto que alcanzaba también la propuesta de la escuela primaria. Al punto de condicionar y no querer disponer de más tiempo en la asignatura, para resolver las dificultades encontradas. Así el profesor y los

estudiantes delante de una concepción diferenciada de enseñanza-aprendizaje no tuvieron el tiempo debido ni las condiciones adecuadas, para prepararse/adaptarse a las innovaciones traídas.

Con respecto a la utilización del tema energía, por lo que conseguimos acompañar en los registros de la acción del profesor y junto a los alumnos, en los dos estudios, fue reconocido que el mismo favorece a una formación para la alfabetización científica, incluso frente a las dificultades encontradas con la programación de enseñanza. Este concepto por su capacidad integradora y su utilidad es considerado en la literatura un tema de mucha importancia y con capacidad para promover la alfabetización científica en la enseñanza primaria y secundaria. Debido a esto, se recomienda leer el **anexo 11** (en este texto se hace un abordaje sintético de la evolución del concepto de energía) y los **capítulos 6 y 7** de los resultados obtenidos (donde se realiza una narrativa descriptiva de abordaje del contenido relativo a los experimentos, que fue hecho para justificar las estrategias didácticas de presentación de la programación durante las visitas). El contenido sobre energía ahí contenido, indica algunas formas de cómo explorar este tema en conceptos, en proposiciones y en el lenguaje dentro de lo que fue explorado. Existía la hipótesis inicial colocada en esta investigación que afirmaba que: *la energía se constituye en un contenido de interés común para el Museo y para la Escuela, para formar al estudiante en una perspectiva de alfabetización científica*. Cómo no conseguimos poner en práctica lo que queríamos integrar de una manera más amplia y efectiva en los dos estudios realizados, la comprobación de esta hipótesis se vio comprometida. Sin embargo, durante el seguimiento de los estudios, existieron testimonios favorables, tanto de los profesores como de los estudiantes, frente a la importancia de este tema. Lo que ocurrió principalmente, en razón de lo que fue exhibida en la exposición de experimentos. En cierto modo, a pesar de las dificultades de la escuela en integrarse a la perspectiva CTS, verificamos en el testimonio de los estudiantes un efecto favorable en relación a la hipótesis inicial, que afirmaba que: *frente a la exposición, a la actitud del estudiante relativa al interés, a la motivación y a la visión para el aprendizaje de la Física mejoraba cuando era efectuada la inserción de la visita al proyecto pedagógico de la escuela*.

La enseñanza debe ser vista sólo como una condición que puede influenciar el aprendizaje, entre otras variables, como la predisposición y la preparación cognitiva. Tratamos de traer un material que fuese potencialmente significativo para ser trabajado en una propuesta de enseñanza con estrategias bien definidas, estructuradas con el propósito de

facilitar el aprendizaje. El hecho de enseñar no se puede cerrar en relación a esta programación bien planificada por sí misma, es necesario tener en cuenta una serie de factores que interfieren negativamente, como aquellos que estuvimos registrando en este estudio. Sin embargo, como el propósito de la enseñanza siempre es la búsqueda para obtener resultados en el aprendizaje, cuando se organiza una metodología de enseñanza de una programación se debe tratar de incluir variables psicológicas que tomen como base algunos fundamentos ya consagrados (como los formulados por el aprendizaje significativo). A pesar de esta precaución, el control de lo que podría ser aprendido, sólo podría lograrse en la vivencia de la actividad de enseñanza (Ausubel et al, 1980, p. 12). Según Ausubel (1980), aunque el conocimiento de la causa no implica en un descubrimiento inmediato de los procedimientos de control, una causa se vuelve un referente importante en la búsqueda de procedimientos de enseñanza (ibíd., p. 14). Aunque conociéramos algunos aspectos de lo que era practicado en la realidad de la enseñanza escolar local, para poder recomendar al profesor algunos procedimientos que atiendan a variables psicológicas de control, en la que podríamos conseguir los objetivos de una acción integrada, los factores que interferían negativamente, sólo podrían ser minimizados, si el profesor consiguiese reformular sus acciones ante las dificultades establecidas, lo que no ocurrió al punto de traer resultados más deseados. Una vez más queda demostrado por este estudio que, delante de un planeamiento efectuado, el aprendizaje no es una propiedad extensiva de enseñanza, por mejor que sea la programación y por más eficaz que sea el material utilizado.

Incluso delante del cuadro presentado hasta aquí, podemos decir que la acción integrada mostró algunos resultados favorables, que se hizo más evidente entre los alumnos del segundo estudio. Sin embargo, no podemos desconsiderar lo que fue posible ser alcanzado entre los estudiantes del primer estudio (aún con pocos de ellos llegando a un resultado satisfactorio). Ante la desfavorable realidad mostrada por el proceso de enseñanza-aprendizaje en el lugar que el estudio ocurrió (el estado de Alagoas, siendo esta la región noreste brasileña que presenta índices oficiales que registran uno de los menores indicadores de calidad de enseñanza) podríamos estar satisfechos y afirmar que, existieron estudiantes que inclusive al faltarles una base en conocimientos/procedimientos adecuados, en el nivel de la enseñanza propuesta, consiguieron mostrar capacidad para interpretar algunos hechos de menor complejidad construyendo conceptos de manera adecuada. La asociación con la escuela mostró de esa manera haber surtido un efecto parcial. Independientemente del grado de dificultad acumulado en el curso del proceso escolar, los

estudiantes interesados han cambiado su visión con respecto a la Física como ciencia y delante de las tecnologías asociadas.

En la condición de perito, en promover una programación por la actividad experimental en relación al recorte del contenido CTS de enseñanza, incluso sin obtener los resultados más favorables, delante de las dificultades encontradas, podemos decir que incitamos a la escuela en reconsiderar su propuesta pedagógica y metodológica. Ya que, la misma sólo se interesaba por la visita a la exposición de manera informal (como una actividad de campo). Podemos concluir afirmando que, presentamos una programación de experimentos abordados por estrategias didácticas flexibles para realizar una divulgación científica contextualizada con la función muy importante de buscar atender a una nueva filosofía de enseñanza-aprendizaje para la escuela por la propuesta de alfabetización científica (un movimiento que ha tenido una influencia creciente en la enseñanza escolar en todo el mundo). La perspectiva de la dimensión crítica que se cree que existen en los programas CTS de enseñanza, puede hacer que los científicos y los tecnólogos sean más conscientes de la proyección social de sus trabajos. Para que, especialistas en diferentes áreas puedan trabajar en una divulgación científica utilizando una transposición didáctica, donde se pueda mostrar caminos, para que los profesores sepan cómo construir e incluir nuevos conocimientos. Que traigan una mejor comprensión de los efectos de la ciencia y la tecnología. Para que, en la instancia política y social, se pueda participar y contribuir con más conciencia en el sentido de resolver, lo que sea posible de resolver, entre los problemas socio-ambientales que nos aqueja (Acevedo, Vásquez y Manassero, 2002 y 2003).

Entre las recomendaciones que empezamos a registrar, un hecho ocurrido en el capítulo 3 (referencial pedagógico). Cuando incorporamos la teoría de asimilación, indicamos en qué punto dicha investigación alcanzaría entre las fases de la incorporación de contenido. Observando, a su vez, que el acompañamiento no llegaría a la fase de asimilación obliteradora. Lo que nos llevó más tarde a reflejar, que esta fase "podría ser tomado en cuenta". Delante de los mecanismos de la organización del abordaje de la programación para efecto de aprendizaje (las estrategias utilizadas). Debido a la predicción especulativa de lo que esperábamos que pudiese permanecer retenido como residuo subsumidor (entre las ideas más generales e inclusivas), para ser destacado y reforzado en el curso de programación. Creemos que esta preocupación, por lo menos, se caracterizó durante las tres visitas. Entonces, la organización de la programación de los experimentos el fin de facilitar el aprendizaje, deberían considerar la posibilidad de facilitar el proceso de

asimilación, es decir, de los conceptos más generales hasta los más específicos y la recursividad.

Cuando enfatizamos y reforzamos en el contenido los aspectos dominantes colocados en foco. Que involucran: la conservación de la energía, la eficiencia y el sentido con las que ocurren en las transformaciones. A su vez, este procedimiento es un tipo de preocupación que ponemos como recomendación para cualquier estudio que utilice la teoría del aprendizaje significativo.

Otra recomendación que hacemos se refiere a la actividad de los centros y museos de ciencia cuando exploran sus muestras (*exhibits*) por áreas o temas de conocimiento o por temas. Que se preocupen no sólo con la disposición o secuencia de organización de los experimentos asociados con la evolución histórica o por una división en sub áreas, sin una relación bien definida con el mensaje conceptual que necesita ser transmitida. Hemos observado en este estudio que, una propuesta para la enseñanza-aprendizaje es más probable que obtenga resultados cuando los experimentos de una zona determinada del Museo pueden ser integrados por una jerarquía y relacionamiento conceptual. En virtud de la importancia de los conceptos en la comprensión de las proposiciones (leyes, principios, hechos, relaciones, definiciones). Pudiendo aún ser asociados en la elección de conceptos, principios (o proposiciones), como una misma "clase de situaciones de enseñanza" (una idea adaptada que se encuentra en la teoría de Vergnaud). La programación didáctica del mensaje pasado debe utilizar estrategias bien definidas por clase o subclase de las situaciones relacionadas al tema en estudio en la exposición. En este sentido, las estrategias de exposición podrían hacer analogías para buscar similitudes y diferencias entre experimentos. Promoviendo una diferenciación progresiva y una reconciliación Integradora. Debe existir también en la estructura de la exposición un conocimiento que puede ser integrado por intereses contextuales técnicos-científicos. Aunque sea necesario utilizar para eso, diferentes experimentos en diferentes áreas o disciplinas de estudio (delante de la estructuración conceptual que el tema en visitación exige).

En el proceso de enseñanza de los museos es importante colocar que la acción de los mediadores puede ser determinante en la calidad de las visitas. Una vez que, siendo personas con más experiencia, van a ayudar en la comprensión de los con menos experiencia, agregando valores a lo que está siendo mostrado. Los mediadores van a

promover la interacción de los visitantes con los experimentos para disfrutar lo máximo posible, de los mensajes, de los cuestionamientos, de las emociones, entre otros aspectos de lo que se experimenta durante la exposición (da Costa, 2005; Johnson, 2005; Rodari et al, 2007; Mora, 2007; Pavão et al, 2007; Bonatto, 2007; Moraes et al, 2007). Dada la importancia del papel de los mediadores en la propuesta de la enseñanza de los museos, recomendamos que se convierta importante, que los mismos puedan tener nociones de amparo psicológico sobre las dificultades, que los visitantes puedan encontrar, cuando se enfrentan con situaciones nuevas de aprendizaje que traen complejidades para la retención. Ser consciente de que el estudiante que se encuentra en frente a un experimento con disposición y la intención de comprender, él necesita traer una base de conocimientos (en los hechos, en los conceptos). Y aún presentar potencialidades cognitivas para articular sus ideas (procedimientos y actitudes).

Recomendamos aún que, delante del rápido recorrido por diversos experimentos que están relacionados a una misma clase de situaciones de enseñanza, es necesario hacer lo posible entre los interesados para que se inicie significados en lo que está siendo mostrado. Siendo importante la continuidad de este proceso de retención a través de una alianza con la programación escolar. Lo que requiere no sólo anticipaciones en la escuela, pero también complementos en las ideas contenidas en la exposición. En este sentido el profesor que esté interesado en llevar a sus estudiantes a la visita debe saber el mensaje, para extender esta mediación en su programación (Moraes et al, 2007).

Para finalizar este estudio queremos informar que nuestro compromiso con esta acción integrada, no termina aquí. En la condición de profesor universitario que enseña la asignatura, Instrumentación para la enseñanza de Física, para la formación de los estudiantes de licenciatura en Física en la Universidad, en la cual, también se integra la **Usina Ciencia**, en la cual actuamos en la condición de especialista, buscamos vincular la programación de la exposición con la programación de la asignatura. La idea ha sido formar profesores de Física, preparados para trabajar la exposición con sus alumnos durante la visita y en la clase. Para eso, los alumnos de Física necesitan experimentar y conocer los experimentos y procedimientos asociados a las estrategias de presentación de la exposición. Una vez conocidos los experimentos de la exposición, la idea ha sido desarrollar una base de cuestiones y problemas relativos a los fenómenos mostrados que puedan ser llevados para la programación escolar. En razón de la experiencia adquirida en los estudios

realizados, somos conocedores de las posibilidades y los límites, delante de las dificultades verificadas en la participación local de la educación primaria y secundaria.

## REFERENCIAS

ACEVEDO, J.A. (2001). La formación Del Professorado de Esenãza Secundaria para la Educación CTS. Una cuestión problemática. *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. Acceso em 10 mar., 2008, <http://www.oei.es/oeivirt/a.htm>

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M. A. (2002). Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores. *Revista de Educación*, 328, 355-382. En: [<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo14.htm>].

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). En: [<http://www.saum.uvigo.es/reec/>]

ALBAGLI, S.(1996) *Divulgação Científica: informação científica para a cidadania?* Ci. Inf., Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, set./dez.

ALDEROQUI, S.S. (1991). *Museo y escuela: Una Sociedad Posible*; p.30-42; *Museos y Escuelas : Socios para Educar*; ed. Paidós, Buenos Aires, Barcelona, México.

ALDEROQUI, S. (1996), *Museos y Escuelas: socios para educar*, Paidós, Buenos Aires.

ANDRÉS, M. M. (2005). *Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y didácticas: caso carrera de docentes de Física*. España. 2005. *Disertación (Doctoral)* - Universidad de Burgo.

ALLARD, M., & BOUCHER, S. (1991). *Le musée et l'école*. Montréal : Les éditions Hurtubise (HMH).

ALLARD, M., & FOREST, L. (1991). Pour un rapprochement entre l'école et le musée. *Traces*, 18 (3), 26.

ALLARD, M.; BOUCHER, S.; FOREST, L. (1994) The museum and the school. *McGill Journal of Education*, v. 29, n.2, p.197-212.

ALLARD, M.; LAROUCHE, M.C.; LEFEBVRE, B.; MEUNIER, A.; VADEBONCOEUR, G. (1996). La visite au musée. *Réseau*, Canadá, p. 14-19, déc.-jan (1995/1996).

ALLEN, S. (2004). Museums and the public understanding of science. *Learningspaces* 2008. *Science Education (Ed Sci.)*n.88 (Suppl. 1):17-33, 2004.[pbwiki.com].

ALMEIDA, M.J.P.M; RICON, A. E. (1993). *Divulgação científica e texto literário uma perspectiva cultural em aulas de Física*. Cad. Catarinense de Ensino de Física, Vol.10, n.1, 1993.

ALMEIDA, M.J.P.M & SILVA, H.C. (1998). O Funcionamento de textos de divulgação científica: Gravitação no Ensino Médio; In: Resumos do VI EPEF (Encontro de Pesquisas em Ensino de Física) Florianópolis, SBF, 1998.

ALMEIDA, L. S. (2002). Facilitar a aprendizagem: ajudar os alunos a aprender e a pensar. *Psicologia Escolar e Educacional*, 6(2), 155-165.

AMERICAN MUSEUM OF SCIENCE & ENERGY, Oak Ridge, Tennessee  
[[www.roadsideamerica.com/story/11488](http://www.roadsideamerica.com/story/11488) - 27k]

ANDERSON, D., & LUCAS, K. B. (1997). The effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation. *Research in Science Education*, 27, 485-495.

ANDRÉS, M. M. (2005). Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y didácticas: caso carrera de docentes de Física. España. 2005. Disertación (Doctoral) - Universidad de Burgos.

ASENSIO, M. e POL, E. (1999). *Nuevos escenarios para la interpretación del Patrimonio: el desarrollo de programas públicos*. Departamento de Psicología Universidad Autónoma, Madrid (mimeo).

ASSIS, A.; PACUBI, O. de; TEIXEIRA, B. (2003) *Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de Energia* Ciência & Educação v. 9 p. 4.

AULER, D. e DELIZOICOV, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê. Ensaio, 2001 [fae.ufmg.br].

AUSUBEL, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.

AUSUBEL, D., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology. A cognitive view*. 2a. ed. Nueva York: Holt, Rinehart and Winston. Trad. Cast. De Sandoval, M. 1983. *Psicología educativa*. Mexico DF: Trilhas.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. & HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução para o português do original *Educational psychology: a cognitive view*. 625 p.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. & HANESIAN, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas. Tradução para o espanhol do original *Educational psychology: a cognitive view*. 623 p.

AUSUBEL, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 212p.

BARBOSA, J. P.; BORGES, A. (2006). O entendimento dos estudantes sobre Energia no início do ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 2, p. 182-217, ago.

BARROS, J. A., SILVA, G. S. F., TAGLIATI, J. R., REMOLD, J.(2004) *Engajamento Interativo no curso de Física da UFJF*, Rev. Bras. de Física, v 26 (1),p 63-69.

BAUER, M., PETKOVA, K. AND BOYADJIEVA, P. (2000). Public knowledge of and attitudes to science: Alternative measures that may end the "science war." *Science, Technology, and Human Values* 25:30-51.

BELKIN, Nicholas J., ROBERTSON, Stephen E. (1976) *Information Science and the phenomena of information*. *Journal of the American Society for Information Science*, v.27, n.4, p.197-204, July-August.

BONATTO, M. P. de O. (2002). *Parque da ciência da Fiocruz: construindo a multidisciplinaridade para alfabetização em ciências da vida; Implantação de centros*. Anais- Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciência. Universidade Federal do Rio do Janeiro.Rio de Janeiro, Brasil.

BONATTO, M. P. de O.; MENDES, I. A.; SEIBEL, M. I. (2007). Ação mediada em museus de ciências: O caso do Museu da Vida. In: *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Orgs: MASSARANI, Luisa, MERZAGORA, Matteo, RODARI, Paola. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

BOURDIEU, P. (1998). *O poder simbólico*. Tradução de Fernando Tomaz. 2<sup>a</sup> edição. Rio de Janeiro: Bertrand.

BORGES, A.T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 19, No 3 (2002). [periodicos.ufsc.br]

BORUCHOVITCH, E.(2007). Aprender a aprender: propostas de intervenção em estratégias de aprendizagem. –Educação Temática Digital - ETD, v.8, n.2, p. 156-167, jun. 2007 – ISSN: 1676-2592

BOTELHO, M.G.B. (2001). *Museu e escola: continuando o debate a partir da educação em química*; Atas do EPECODIM – Rio de Janeiro, Brasil.

BRITO, L.D., SOUZA, M.L. & FREITAS, D. (2008). Formação Inicial de Professores de Ciências e Biologia: a visão da natureza do conhecimento científico e a relação CTSA. *Rev. Interações*. Acesso em 10 dez. [<http://nonio.eses.pt/interaccoes/artigos/I7.pdf>].

BRNA, P. and BURTON, M. (1997) *Modelling students colaborating while learning about energy* Journal of Computer Assisted Learning v. 13 p. 194

BROSSARD, D., LEWENSTEIN, B. AND BONNEY, R. (2005). Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project. *International Journal of Science Education* 27 (9): 1099–112.

BURGARD, W., CREMERS, A., FOX, D., HAEHNEL, D., LAKEMEYER, G., SCHULZ, D., STEINER, W., THRUN, S.(1998). The interactive museum tour-guide robot. In: *Proceedings of the 15th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI98)*, Madison, WI, pp. 11–18.

BUSQUE, L. (1991). Potential interaction and potential investigation of Science Center exhibits and visitors' interest. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 28(5), pp. 411-421.

CABALLERO, M.C.S. (2003). *La Progresividad del Aprendizaje Significativo de Conceptos*. Actas del PIDEDEC, v.5, 2003. Textote Apoyo n. 20. Universidad de Burgos, España; UFRGS, Brasil.

CACHAPUZ, A., JACINTO, F. E LEITE, E. (1997). Ensino Secundário: Situações e Perspectivas. Em Ministério da Educação, A Evolução do Sistema Educativo e o Prodep, Estudos Temáticos. Vol. II (pp.191-321) Lisboa: ME/Dep. Avaliação Prospectiva e Planeamento.

CACHAPUZ, A. (org.) (2000). *Perspectivas de Ensino*, Coleção Formação de Professores de Ciências, Textos de Apoio nº1. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. & JORGE, M. (2004). Da Educação em Ciência às Orientações para o Ensino das Ciências: um repensar epistemológico. *Ciência e Educação*. v.10, n.3, p.363-381.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; PESSOA, A. M.; PRAIA, J.; VILCHES, A.(2005). A necessária renovação do ensino das Ciências. São Paulo: Cortez, 2005.

CAILLOT M. (1996). La Théorie de la transposition didactique est-elle transposable? In *Au-delà des didactiques, le didactique. Débats autour de concepts Fédérateurs*. De Boeck & Larcier, p. 19-35, Paris, Bruxelles.

CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica. La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 2, 243-254.

CALCAGNINI, S.(2007). Debating as an educational method to science and citizenship. *Journal of Science Communication*, vol 06, 2007: Jcom 0603(2007)C08.pdf

CAMERON, D. (1968). *The museum as a communication system and implication of museum education*. Curator. New York, American Museum of Natural History.

CAÑAS A.J., FORD, K.M., HAYES, P.J., REICHERZER, T., SURI, N., COFFEY, J., CARFF, R., HILL, G. (1977). Colaboração en la construcción de conocimiento mediante mapas conceptuales. VIII Congreso Internacional sobre Tecnología y Educación. [geocities.com].

CAÑAS, A. J. (2005). Los mapas conceptuales, una ventana a la mente del estudiantado. *Revista Internacional Magisterio*, nº 18, 18-31.

CARDOSO, J.C. (2001). *Informação, ciência e cotidiano: a divulgação científica e os museus de ciência e tecnologia*. Atas - Trabalhos apresentados EPECODIM; .Rio de Janeiro, Brasil.

CARRASCOSA, J.; PÉREZ, D. G. VILCHES, A. (2006). *Papel de la actividad experimental en la educación científica*. Cad. Brás. Ens. Fís., Florianópolis, v. 23, n. 2: p. 157-181, ago. 2006. p.161.

CAULTON, T. (1998). *Hands-on Exhibitions: Managing Interactive Museums and Science Centres*, Routledge, New York, NY.

CAZELLI, S. et. al.(1999). Tendências pedagógicas das exposições de um museu de ciência. In: Moreira, M.A.; Ostermann, F. (Orgs.). *Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. São Paulo: SBF, 1999.(CD-Rom, arquivo: g48.pdf).

CAZELLI, S.(2005). *Ciência, Cultura, Museus, Jovens e Escolas: Quais suas relações?* 2005. 260 p. Tese (Doutorado em Educação) ? Departamento de Educação da Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

CHASSOT, A.(2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, n. 22, Jan./Apr, 2003, ISSN 14132478, SciELO, Brasil.

CHEEK, D.W.(1992). *Thinking constructively about science, technology, and society education*. Ed. SUNY Press; ISBN 0791409392, 9780791409398; 262 páginas. [books.google.com].

CHEVALLARD, Y. (1991). *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Editora Aique, Argentina.

CHIN, C.(2004). *Museum Experience – A Resource for Science Teacher Education*. *International Journal of Science and Mathematics Education* 2: 63–90, 2004. © 2004 National Science Council, Taiwan. Printed in the Netherlands.

CHIZZOTI, A. (1991) *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. São Paulo: Cortez, 1991. 164p.

CHIZZOTTI, A. (2003). *A pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais: evolução e desafios*. *Revista Portuguesa de Educação*, 2003 [redalyc.uaemex.mx].

COLL, C.; POZO, J.I.; SARABIA, B.; VALLS, E. Os conteúdos da reforma. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CONSTANTIN, A.C.C. (2001). Museus Interativos de Ciências: Espaços Complementares de Educação? *Interciencia*, maio, 2001/vol 26, nº 005, PP. 195-200. Associação Interciencia, Caracas, Venezuela.

COOPER, J. & MILES, R. (1992). Much may be made if she be caught young: How museums can best effect public understanding of science. The Natural History Museum, London: Royal Society. [<http://www.cirst.uqam.ca/>].

COSTA, S. S. C. (2005). Modelos Mentais e Resolução de problemas em Física. Porto Alegre, 2005. Disponível em: [<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/>].

COSTA, A. G. da (2007). Os “explicadores” devem explicar? - In: *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Org: MASSARANI, Luisa, MERZAGORA, Matteo, RODARI, Paola. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

CHIN, C. (2004). Museum experience—A resource for science teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 63 – 90.

CHEEK, D.W. (1992). Thinking constructively about science, technology, and society education. Ed. SUNY Press; ISBN 0791409392, 9780791409398; 262 páginas. [[books.google.com](http://books.google.com)]

COX-PETERSEN, A.M., MARSH, D.D., KISIEL, J., MELBER, L.M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *J Res Sci Teach* 40: 200-218.

DAUSTER, T. (1999) A Fabricação de livros infanto-juvenis e os usos escolares: o olhar de editores. *Revista Educação/PUC-Rio*, n. 49, p. 1-8, nov. 1999.

DEAN, D. (1994) - books.google.com Museum exhibition: theory and practice. Edition: illustrated, reprint, Publicado por Routledge, 1996 (ISBN 0415080177, 9780415080170); 192 páginas.

DIAMOND, J., ST. JOHN, M., CLEARY, B. & LIBRERO, D. (1987). The Exploratorium's explainer program: The long-term impact on teen-agers of teaching science to the public. *Science Education*, 71, 643-656.

DIERKING, L.D. y FALK, J. H. (1994). Family behavior and learning in formal science settings: A review of the research. *Science Education*, 78(1), pp. 57-72.

DIMAGGIO, P. AND USEEM, M. (1978). Cultural Democracy in a Period of Cultural Expansion. *Social Problems* 28: 179-97.

DOMÉNECH, J; GIL-PÉREZ, D; GRAS, A; GUIASOLA, J; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J; SALINAS, J; TRUMPER, J; VALDÉS, P (2003) *La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global* Caderno Brasileiro de Ensino de Física v. 20 p. 285

DONALD, J.G. (1991). The measurement of learning in the museum, *Canadian Journal of Education* 16 (1991) (3), pp. 371-382.

DUARTE, N.(2003) Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor. *Educação & Sociedade*. Educ. Soc. vol. 24 no. 83, Campinas, Aug. 003, ISSN 0101-7330.

DUESING, S. (1986). Science Centres and exploratories: a look at active participations. *Communicating Science to the Public*. Londres: Wiley:

DURANT, J.(1992). Museums and the Public Understanding of Science. Science Museum Publications, London.

ELIAS, D.C.N.; AMARAL, L.H.; ARAÚJO, M.S.T. de (2007). Criação de um espaço de

aprendizagem significativa no planetário do parque Ibirapuera. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Vol. 7 No 1, 2007, ISSN 1806-5104.

ELLIS, W. D.( 2002). Diferentes abordagens para a organização e o funcionamento de centros de ciência. *Implantação de Centros e Museus de Ciência*. Anais Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciência. Universidade Federal do Rio de Janeiro .Rio de Janeiro, RJ..

ERATUULI, M. y SNEIDER, C. (1990). The experiences of visitors in a physics discovery room. *Science Education*, 74(4), pp. 481-493.

ESTEBAN SANTOS, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 2, n. 3, 2003.

FAHL, D. D. (2003). Marcas do ensino escolar de Ciências presentes em Museus e Centros de Ciências: um estudo da Estação Ciência - São Paulo e do Museu Dinâmico de Ciências de Campinas (MDCC). Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

FALK, J.; DIERKING, L. (1992). *The Museum Experience*. Washington, DC: Whalesback Books.

FALK, J.; DIERKING, L. (2000). *Learning from museums: visitor experiences and the making of meaning*. Boston, Maryland: Altamira Press. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6, N° 2, 402-423 (2007)*

FALK, J.H. & STORKSDIECK, M. (2005). Learning science from museums. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 12 (suplemento), p. 117-43.

FALK JH, STORKSDIECK M, DIERKING LD (2007) Investigating public science interest and understanding: Evidence for the importance of free-choice learning. *Public Understand Sci* 16:455–469.

FÁVERO, MH (2000) Regulações cognitivas e metacognitivas do professor de primeiro grau: uma questão para a articulação entre a psicologia do desenvolvimento e a psicologia da educação matemática. Em XXX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Psicologia. Resumo de Comunicações Científicas. Brasília, DF; Prática Gráfica e Editora Ltda, p. 11-12.

FERNÁNDEZ, I. (2000). «Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación». Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Valencia.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., VILCHES, A., VALDÉS, P., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y SALINAS J. (2003). El olvido de La tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). En línea [<http://www.saum.uvigo.es/reec/>].

FERREIRA, T.; BONFÁ, M.; LIBRELON, R.; JACOBUCCI, D., MARTINS, S. (2008). Formação de Monitores do Museu de Ciências da DICA: Preparo Além da Prática. Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba – 2008 [[www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0038-1.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0038-1.pdf)].

FINSON, K.D. y ENOCHS, L.G. (1987). Students attitudes toward science-technology-society resulting from visitation to a science-technology museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(7), pp. 593-609.

FLEXER, B. K. y BORUM, M. (1984). The impact of a class visit to a participatory science museum exhibit and a classroom science lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(3), pp. 863-873.

FLICK, U. (2004). Uma introdução à pesquisa qualitativa. Porto Alegre: Bookman.

FONSECA, C. L. W. (1999). Quando cada caso não é um caso: pesquisa etnográfica e educação. *Revista Brasileira de Educação*. São Paulo, v.10, p. 58-78.

FOUREZ, G. (1999) Alfabetización científica y tecnológica. ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências: Vol. 01 e 03 / Número 1 – Jun. 2001.

FREIRE, P. (1996). Pedagogia da Autonomia. São Paulo: Cortez.

FREIRE, Paulo (1998). Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 7. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

FRIEDMAN, A. J (2002-a). *Planejamento de um Centro Acadêmico para Formação de Recursos Humanos*; Anais Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciência. Universidade Federal do Rio do Janeiro .Rio de Janeiro, Brasil.

FRIEDMAN, A. J. (2002-b). *Museus e Comunidades: Porque a Cidade de Nova York Tem 89 Museus de Arte, História e Ciência*. Anais Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciência. Universidade Federal do Rio do Janeiro .Rio de Janeiro, Brasil.

FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, J. y ROMO, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 365-376.

GADOTTI, M. (2000). Perspectivas Atuais da Educação. São Paulo em Perspectiva: vol.14 no.2 São Paulo Apr./June 2000; [ISSN 0102-8839].

GALVÃO, M.; BORGES, P. (2000) Ciência da informação: ciência recursiva no contexto da sociedade da informação. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 29, n. 3, p. 40-49, set./dez.

GASPAR, A. (1993). Museus e Centros de Ciências – Conceituação e Proposta de um Referencial Teórico; Tese de Doutorado; Faculdade de Educação –Universidade de São Paulo.

GASPAR, A.; HAMBURGUER, W. H. (1998). “ *Museus e centros de ciências, conceituações e propostas de um referencial teórico*”. In: NARDI, Roberto (org). *Pesquisas e ensino de Física*. Educação para a Ciência.

GEORGE, R., AND KAPLAN, D. (1998). A structural model of parent and teacher influences on science attitudes of eighth graders: Evidence from NELS: 88, *Science Education*, 82, 93-109.

GIL, F., & ALMAÇA, C. (1982). Os museus da região e o desenvolvimento científico.

*Actas do colóquio APOM-77* (pp. 35-44). Lisboa: Edições APOM.

GIL, F. B. (1988). Museus de ciência: preparação do futuro, memória do passado. *Revista da Cultura Científica*, n 3, p. 72-89.

Gil, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18, 889-901.

GIL PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005). Technology as 'Applied Science': A Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14 (3 5), 309 320.

GOHM, M. G. (1999). *Educação não-formal e cultura política. Impactos sobre o associativismo do terceiro setor*. São Paulo, Cortez.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. (2006). Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol.11, n. 2, 2006. Disponível em: [<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>].

GONZÁLES GARCIA, F.M. (1992). Los mapas conceptuales de J.D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*: Any: 1992, Vol.: 10 Núm.: 2.

GOODE, W.J., HATT, P.K. (1952), *Methods in Social Research*, McGraw Hill, New York, NY,

GOUVÊA, G. e LEAL, M. C. (2001). Uma Visão comparada do Ensino em Ciência, Tecnologia e Sociedade na Escola e em Um Museu de Ciência. *CIÊNCIA E EDUCAÇÃO*.

Bauru, 1998-. v.7, n.1, p.67-84. Disponível em:  
[<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao/include>].

GOWIN, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

GRECA, I.M. (2000). *Representaciones Mentales*. Actas del PIDECE, Vol. II, 2000, pp. 69-105.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A.(2000). Conceptos: naturaleza y adquisición. Programa Internacional de Doctorado em Enseñanza de las Ciencias. Univesidad de Burgos, España; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Texto de Apoio nº 11; 85 p.

GRECA, I.M. e MOREIRA M.A. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1). [<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>].

GRECO, P. (2007). Science museums in a knowledge-based society. *Journal of Science Communication*, vol 06, 2007: Jcom 0603(2007) C08.pdf.

GRUZMAN, C.; SIQUEIRA, V. H. F. 2007. O papel educacional do Museu de Ciências: desafios e transformações conceituais. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, p. 402-423.

GUIMARÃES, M. e VASCONCELLOS, M. M. N.(2006). Relações entre educação ambiental e educação em ciências na complementaridade dos espaços formais e não formais de educação. *Educar*, Curitiba, n. 27, p. 147-162, 2006, Editora UFPR.

GUISASOLA, J., MORENTIN, M. AND ZUZA, K. (2005). School visits to science museums and learning sciences: a complex relationship. *Physics Education* 40 (6) 0031-9120/05/060544+06\$30.00 © 2005 IOP Publishing Ltd.

GÜNTHER, H.(2006). Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HERNANDO, M.C. (1982). *Civilización tecnológica y información: el periodismo científico:misiones e objetivos*. Barcelona, Mitre.

HODSON, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72 (1).

HODSON, D. (1998) *Teaching and Learning Science: Towards a personalized approach*. (Philadelphia: Open University Press).

HODSON, D.(1990). A critical look at practical work in school Science. *School Science Review*, v. 70, n. 256. p. 33-40.

HODSON, D.(1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in School Science. *Studies in Science Education*, v. 22, n. 85.

HODSON, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85–142.

HODSON, D.(1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313.

HOFSTEIN, A., & LUNETTA, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217.

HONG KONG SCIENCE MUSEUM. [<http://hk.science.museum/>].

HORTA, M. de L. P. (1994). Semiótica e Museu.. *Cadernos de Ensaio n 2: Estudos de Museologia*. Rio de Janeiro, IPHAN, p. 9-28.

HSI, S. E FAIT, H. (2005). RFID ‘enhances visitors’ museum experience at the exploratorium. *Communications of the ACM* 48(9);p. 60–65.

HUGHES, K.L; HAMILTON, S.F. & IVRY, R.J. (2001) *School-to-work: Making a difference in education*, Institute on Education and the Economy, Teachers College, Columbia University, New York (2001).

STERN, D.; FINKELSTEIN, N.; STONE, J.R.; LATTING, J.; and DORNSIFE, C. (1995). *School to work: Research on programs in the United States*, Falmer Press, London and Washington.

JACOBUCCI, D. F. C. (2006). *A formação continuada de professores em centros e museus de ciências no Brasil*. Campinas, Faculdade de Educação, UNICAMP, 2006, 268p. Tese de Doutorado. (Orientador: MEGID NETO, Jorge). Endereço eletrônico: [www.fae.unicamp.br/formar/producao/tese.htm](http://www.fae.unicamp.br/formar/producao/tese.htm) -14.

JACOBUCCI, D.F.C.; JACOBUCCI, G.B.; MEGID NETO, J. (2009). Experiências de Formação de Professores em Centros e Museus de Ciências no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol.8 N°1 (2009)118.

JARVIS T., PELL, A. (2005). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during and after a visit to the UK National Space Center. *Journal of Research in Science Teaching* 42(1):53–83

JAVLEKAR, V. (1991). Learning scientific concepts in science centers. In: S. Bitgood, A. Benefield, & D. Patterson (Eds.) *Theory, research and practice* (pp.169-179). Jacksonville, AL: The Center of Social Design.

JENSEN, P. E CROISSANT Y.(2007). CNRS researchers' popularization activities: a progress report. *Journal of Science Communication*, vol 06, 2007: Jcom 0603(2007)C08.pdf

JOHNSON-LAIRD, Philip N.(1983). *Mental models*. Cambridge-MA: Harvard University Press.

JOHNSON, C. (2007). Capacitação de mediadores em centros de ciências: Reflexões sobre o Techniquet. In: *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Orgs: MASSARANI, Luisa, MERZAGORA, Matteo, RODARI, Paola. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

KEVIN D. F., LARRY G. E. (2006): Student attitudes toward science-technology-society resulting from visitation to a science-technology museum. *Journal of Research in Science Teaching* Volume 24 Issue 7, Pages 593 – 609.

KUBOTA, C. & OLSTAD, R. (1991). Effects of novelty-reducing preparation on exploratory behavior and cognitive learning in a science museum. *Journal of Research in Science Teaching* , 28, 225-234.

KUBOTA, C.A. and OLSTAD, R.G. (2006). Effects of novelty-reducing preparation on exploratory behavior and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching*. Volume 28 Issue 3, Pages 225 – 234.

KUMAR , D.D. & CHUBIN, D. E.(2000) Science, technology, and society: a sourcebook on research and practice. Ed. Springer, ISBN 0306461730; 9780306461736; 308 páginas. [books.google.com].

KUMAR, D. D.; RAMASAMY, R.; STEFANICH, G. P. (2001). Science for Students with Visual Impairments: Teaching Suggestions and Policy Implications for Secondary Educators. *Electronic Journal of Science Education*, v5 n3 Mar. [southwestern.edu]

KRASILCHIK, M. (2000). Reformas e Realidade: o caso do ensino de Ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n. 1, 2000, p. 85-93.

KROMBAß, A. & HARMS,U. (2008). *Journal of Biological Education (JBE)*, Vol. 42 N. 4, Autumn (2008), 157.

LACEY, D. (1988). The place of museums in the teaching of physics. *Physics Education*, 23, pp. 72-73.

LAKATOS, Eva Maria & MARCONI, Marina de Andrade. *Técnicas de pesquisa*. 3<sup>a</sup> edição. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

LATOUR, B. (1991) *A sociology of monsters: essays on power, technology and society*. Edit by Jonh Law: Routledge. [ books.google.com].

LAUGKSCH, R.C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84, 71–94.

LEAL, M. C. e GOUVÊA, G.(2002). Narrativa, Mito, Ciência e Tecnologia: O Ensino de Ciências na Escola e no Museu. *ENSAIO*, 1999. Belo horizonte, v.2, n.1, p. 1-29, mar. 2000. Disponível em:  
[[http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v2\\_n1/mariaguaracira](http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v2_n1/mariaguaracira)].

LE FRANÇOIS, G.R. (1982). *Psychological Teories and Human Learning*; 2 ed. Monterey, Cal, Brooks/Cole Publishing Co., 348p.

LEGGETT, Monica (2003) *Lessons that non-scientists can teach us about the concept of energy: a human-centred approach* *Physics Education* v. 8, p. 130.

LOPES, J.B. (2002). Desarrollar Conceptos de Física a Través del Trabajo Experimental: Evaluación de Auxiliares Didáctos. *Enseñanza de las Ciencias*, 2002, 20(1),115-132.

LÓPEZ, A. B. (2004). RELACIONES ENTRE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 1, Nº 2, 2004, pp. 70-86 ISSN 1697-011X

MACDONALD, S. y SILVERSTONE, R. (1992). Science on display: the representation of scientific controversy in miiseumexhibitions. *Public Understanding ofscience*, 1(1), pp. 69-88.

MACDONALD, S. (2002), *Behind the Scenes at the Science Museum*, Oxford: Berg.

MACDONALD, S. (2005) *Accessing audiences: visiting visitor books museum and society*, November 2005. 3 (3) 119-136. Sheffield University, Sharon Macdonald ISSN 1479-8360.

MALLON, G. & BRUCE, M. (1982). Student achievement and attitude in astronomy: An experimental comparison of two planetarium programs. *J. Res. Sci. Teac.*, 19, 53-61.

MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. E ACEVEDO, J. A. (2001). *Avaluació dels Temes de Ciència, Tecnologia i Societat*. Illes Balears: Govern e Conselleria d'Educació i Cultura.

MARANDINO, M. O. (2001) conhecimento biológico nas exposições de museus de ciências: análise do processo de construção do discurso expositivo. 2001. 434 p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARANDINO, M.O. (2004). Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências *Rev. Bras. Educ.* no.26 Rio de Janeiro May/Aug. 2004.

MARTINS, I. P. (1998). Teacher`s conceptions about their understanding of societal science issues. Paper presented at the Annual Meeting of NARST, San Diego – CA (Eric Document Reproduction Service ED 418 849; SE 061 302).

MARTINS, I. P. E VEIGA, M. L. (1999). Uma análise do currículo da escolaridade obrigatória na perspectiva da educação em Ciências. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

MARTINS, I.P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, (1), Artículo 2. En : <http://www.saum.uvigo.es/reec>

MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco (1995). *A árvore do conhecimento: as bases biológicas do conhecimento*. São Paulo: Editorial Psy, 281 p.

MATOS, A. C. de (2000). Os Agentes e os Meios de Divulgação Científica e Tecnológica em Portugal no Século XIX. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Nº 69 (29) Universidad de Barcelona [ISSN 1138-9788].

MATSON, J. O. y PARSON, S., (1998): The nature of science: achieving scientific literacy by doing science. In W.E McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. (Kluwer Academic Publishers. Netherland).

MATTAR, F. N. *Pesquisa de marketing*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

McCOMAS, W. E y OLSON, J. (1998): The nature of science in International science education standards documents. In W.E McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and estrategias*. (Kluwer Academic Publishers. Netherland).

MCCLAFFERTY, T. & RENNIE, L. (1993). Learning in Science Centres and Science Museums: a review of recent studies. *Research in Science Education*, 1993, 23, 351.

MCMANUS, P. M. (1992). Topics in museums and science education. *Studies in Science Education*, 20, 157-182.

MEADOWS, A. J. (1998) *Communicating Research*: San Diego, Academic Press, 1998. 266 p. Resenha de Patrícia Schäffer em *Ciência da Informação: Ci. Inf.* vol.27 n.3 Brasília Sept. 1998 [ISSN 0100-1965]

MELBER, L.; COX-PETERSEN, A.M. (2005). *Teacher Professional Development and Informal Learning Environments: Investigating Partnerships and Possibilities*. *Journal of Science Teacher Education*: 16(2): 103-120.

MILES, R. (1991). Impact of research on the approach to the visiting public at the Natural History Museum, Londres. *International Journal of Science Education*, 13(5), pp. 543-549.

MILLER, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7, 203–223.

MORAES, R.; BERTOLETTI, J. J.; BERTOLETTI, A. C.; ALMEIDA, L. S. de (2007). Mediação em museus e centros de ciências: O caso do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. In: *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Orgs: MASSARANI, Luisa, MERZAGORA, Matteo, RODARI, Paola. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

- MOREIRA, I.C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, 1 (2), 11-16, 2006.
- MOREIRA, M.A; MASINI, E.A.F.S. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.
- MOREIRA, M. A. & BUCHWEITZ, B. (1987). *Mapas conceituais: instrumentos didáticos de avaliação e de análise de currículo*. São Paulo: Moraes. 83 p. São Paulo: Moraes. 83 p.
- MOREIRA, M.A. (1988) Alguns aspectos das perspectivas quantitativa e qualitativa à pesquisa educacional e suas implicações para a pesquisa em ensino de ciências. São Paulo, 1988. Trabalho apresentado na Reunião Anual de Verão da Associação Americana de Professores de Física, Ithaca, 1988. e no 2º EPEF, São Paulo, 1988.
- MOREIRA, M. A. & BUCHWEITZ, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 114 p.
- MOREIRA, M. A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, 1(1): 193-232.
- MOREIRA, M. A. (1999-a). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB. 129 p.
- MOREIRA, M. A. (1999-b). *Teorias de Aprendizagem*, São Paulo, SP. EPU.
- MOREIRA, M. A. (2000). *Aprendizagem significativa crítica*. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, pp 33-45., com o título original de *Aprendizagem significativa subversiva*.
- MOREIRA, M.A. E GRECA, I. M.(2003). *Conceptos: Naturaleza Y Adquisición*; Programa Internacional de Doctorado em Enseñanza de las Ciencias; Universidad de Burgos, España. Actas del PIDEDEC, v.5, 2003, UBU/UFRGS, p.3-78.

MOREIRA, M.A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1).

[<http://www.if.ufrgs.br/ienci>]

MOREIRA, M.A., GRECA, I. M. e PALMERO, M.L.R. (2002). *Modelos Mentales y Modelos Conceptuales em la Enseñanza & a Aprendizaje de las Ciencias*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2(3), 2002, p.36-56. Revisado em 2003.

MOREIRA, M.A. (2003). Lenguaje y Aprendizaje Significativo. IV Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, 2003 - if.ufrgs.br

MOREIRA, M.A. (2005). *Modelos Mentais*. Investigações em ensino de Ciências, v.1, n.3, pp.193-232, 1996. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm>. Revisado em 1999. Atualizado em 2004: Representações Mentais, Modelos Mentais e Representações Sociais: textos de apoio para pesquisadores em educação em ciências; organizador: M.A. Moreira (2005).

MOREIRA, M. A. (2005). Aprendizagem significativa crítica = Aprendizagem significativa crítico, 47 p. Texto em português e espanhol em direções opostas, ISBN 85-904420-7-1. CIP-Brasil, 2005.

MOREIRA, M. A. E SPERLING, C. S. (2009). Mapas Conceptuales y Aprendizaje Significativo: ¿una correlación necesaria? Experiências em Ensino de Ciências –V4(3), pp. 91-100. [if.ufrgs.br].

MOREIRA M. A. (2010). Aprendizagem Significativa Crítica. Versão revisada e estendida de conferência proferida no *III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 33-45, com o título original de *Aprendizagem significativa subversiva*. Publicada também em *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, nº 6, pp. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição 2010; ISBN 85-904420-7-1.

MORTENSEN, M.F. & SMART, K. (2007). Free-choice worksheets increase students' exposure to curriculum during museum visits. *J Res Sci Teach* 44: 1389-1414.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

MURRIELLO, S.; CONTIER, D.; KNOBEL, M.; TAVES, S.J. (2006) O nascimento do Museu de Ciências da UNICAMP: um novo espaço para a cultura científica. In: VOGT, C. (Org.). Cultura científica: desafios. São Paulo: EDUSP, 2006. p.199-231.

MUSEUM OF SCIENCE AND INDUSTRY.

[[www.msichicago.org/education/community/idesign/](http://www.msichicago.org/education/community/idesign/) - 17k].

NASCIMENTO, S.S. do (1999).L' Animation Scientifique: Essai d'objectivation de La Pratique Associations de Culture Scientifique et Technique Françaises. Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), 1999.

NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION- NSTA (1998). Science for All Americans (Washington, DC: NSTA).

NAVAS, A. M. (2008). Concepções de popularização da ciência e da tecnologia no discurso político: impactos nos museus de ciências. Disponível em:  
[<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-24062008-151543/>].

NICOLAU, I. *O conceito de estratégia*. Lisboa: ISCTE, nov., 2001. Disponível em <[http://213.13.125.90/portallizer/upload\\_ficheiros/01-01\\_Isabel\\_Nicolau.pdf](http://213.13.125.90/portallizer/upload_ficheiros/01-01_Isabel_Nicolau.pdf)>.

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca. Tradução para espanhol do original *Learning how to learn*.

NOVAK, J.D. (1991) Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. Todas as 4 versões Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, Any: 1991 Vol.: 9 Núm.: 3. [raco.cat] [PDF].

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. (1996). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução para o português do original *Learning how to learn*.

NOVAK, J. (1997): Retorno a Clarificar com Mapas Conceptuales. Actas: Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo; Universidad de Burgos, 1997, España, p. 67-84.

NOVAK, J. D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Editorial.

Tradução para o espanhol do original *Learning, creating, and using knowledge*.

*Concept maps as facilitating tools in schools and corporations*. 315 p.

NOVAK, J. D. (2000). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas*

*conceptuais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas*. Lisboa:

Plátano Universitária. 252p. Tradução para o português do original *Learning,*

*creating, and using knowledge. Concept maps as facilitating tools in schools and corporations*.

OLIVEIRA, M.K.(1992). Vygotsky e o processo de formação de conceitos.In Piaget,Vygotsky,Wallon – Teorias psicogenéticas em discussão.São Paulo: Summus.

OLIVEIRA F. (2002). *Jornalismo científico*. São Paulo: Editora Contexto; p. 89.

ORNELLAS, A.J. (2006). *A Energia dos Tempos Antigos aos dias Atuais*. Ed. UFAL, 71

p.- Maceió- Br. ISBN 85-7177-264-9. Disponível em:

[[www.ufal.edu.br/usinaciencia/acesso multimídia/livros digitais/](http://www.ufal.edu.br/usinaciencia/acesso_multimidia/livros_digitais/)].

OROZCO, A. y FERNÁNDEZ, I. (1995). «El problema de las concepciones espontáneas sobre la ciencia». Tesis de tercer ciclo. Universidad de Valencia: Valencia.

PAIXÃO, M.F. y CACHAPUZ, A. (1998). Dimensión epistemológica de los programas de física y química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: ¿Qué lectura hacen los profesores?, en Banet, E. y De Pro, A. (eds.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*,1, pp. 284- 293.

PANAYIOTA, I A N; KENDEOU, P and IOANNIDES, C (2003) *Reading about energy: The effects of text structure in science learning and conceptual change* Contemporary Educational Psychology v. 28, p. 335.

PAVÃO, A. C. E LEITÃO, A. (2007). Hands-on? Minds-on? Hearts-on? Social-on? Explainers-on! - In: Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência. Org: MASSARANI, Luisa, MERZAGORA, Matteo, RODARI, Paola. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

PEDRETTI, E. (2002). Studies in Science Education, 2002 – [informaworld.com].

PÉREZ, C.; DÍAZ, M.P.; ECHEVARRÍA, I.; MORETIN, M. Y CUESTA, M. (1998). Centro de Ciencia espacios interactivos para el aprendizaje. Servicio Editorial de La Universidad Del País Vasco: Bilbao.

PÉREZ, C.A. y MOLINÍ, A.M.V.(2004). Consideraciones generales sobre la alfabetización científica en los museos de la ciencia como espacios educativos no formales. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 3 Nº 3 (2004).

POSTMAN, N. & WEINGARTNER, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co. 219p.

POZO, J. L; ASENSIO, M.; CARRETERO, M. (1989). Modelos de Aprendizaje-Enseñanza de La Historia. En: Asensio, M; Carretero, M; y Pozo, J. L (1989) La enseñanza de las Ciencias Sociales. Visor. Madrid, pp. 139-163.

POZO, J.I. y POSTIGO, Y. (1994). La solución de problemas como contenido procedimental de la educación obligatoria, pp. 180-213, en Pozo et al. *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI - Santillana.

POZO, J. I. (1996). Estratégias de aprendizagem. In: COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. v.2.

POZO, J.I. e GOMES CRESPO, M. (1998). Aprender y Enseñar Ciência. Madrid, Morata. p 85 – 146.

POZO, J. I.(2003). Aprendizagem de conteúdos e desenvolvimento de capacidades no ensino médio. In: COLL, C et al. Psicologia da aprendizagem no ensino médio. Trad. Cristina M. Oliveira. Porto Alegre: Artmed, 2003. p.43-66.

PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A.(2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciênc. & Educação*; 13(2):141-156.

PRATS, C. (1988). Avaluació d'unavisitaalMuseudeZoologia, en «Bstudies y Recerques», La investigació de l'educador de museics. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

PRICE, S. y HEIN, G.E. (1991). More than a field trip: Science programmes for elementary school groups at museums, *International Journal of Science Education*, Vol. 13(5), pp. 505-519.

PROCTOR, D. (1973). Musées, enseignants, étudiants, enfants. In: UNESCO (Ed.). *Musées, imagination et éducation* (pp. 25-32). Paris: Unesco.

RAMEY-GASSERT,L.;WALBERG III, J.; WALBERG, J.(2006).Reexamining connections: Museums as science learning environments. *Science Education*;Volume 78 Issue 4, Pages 345 – 363.

RENNIE.L.J. &JOHNSTON,D.J.(2004) The nature of learning and its implications for research on learning from museums. *Sci Ed* 88(Suppl. 1):S4-S16, 2004.

REZENDE, F.; BARROS, S. de S (2001). Teoria aristotélica, teoria do Impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de Física em Mecânica básica. *Rev. Bras. Pesq. Educ. Ciênc.* v.1, n.1, p.43-56, 2001.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.(2002) A hipótese e a experiência científica em educação em ciências: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, v.8, n.2, p.253-262.

RIBEIRO, M.E.C. e CALAFATE, L. C. (2005). Os museus e centros de ciência como ambientes de aprendizagem. Em: [<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/3260>].

RIERA, A. e PEDRAGOSA, A. (1997): *Comprensión Lectora y Mapas Conceptuales*. Actas: Encuentro Internacional sobre el aprendizaje significativo; Universidad de Burgos, 1997, España, p. 87-93.

RIVIERE, G.H. (1985). “The Ecomuseum – an Evolutive Definition.” *Museum*, 34 (4): 182-183.

RODARI, P. e MERZAGORA, M. (2007). Mediadores em museus e centros de ciência: Status, papéis e capacitação. Uma visão geral europeia. *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Orgs: In: MASSARANI, Luisa, MERZAGORA, Matteo, RODARI, Paola. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

RODRIGUEZ PALMERO, M.L. (2001). *El Discurso Lingüístico y la Enseñanza de las Ciencias*. Actas del PIDEDEC, v.3,2001. Texto de Apoyo, n.12. Universidad de Burgos, España; UFRGS, Brasil.

RODRIGUEZ PALMERO, M.L. e MOREIRA, M.A. (2002). La Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud; Actas del PIDEDEC: textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos (Convenio UFRGS) – vol.4 (2002): Porto Alegre: UFRGS.

RODRIGUEZ PALMERO, M.L. (2005). La Teoría del Aprendizaje Significativo y el Lenguaje. Actas Del PIDEDEC: textos de apoio para o Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos (Convenio UFRGS)/Vol.7 – ISSN 1808-3285.

ROSA, M.V.F.P.C.& ARNOLDI, M.A.G.C. A entrevista na pesquisa qualitativa. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

RUSSELL, I. (1990). Visiting a science centre: what's on offer? *Physics Education*, Vol. 25, pp. 258-262.

SALMI H. (2003). Science centres as learning laboratories: experiences of Heureka, the Finish Science Centre. *International Journal of Technology Management* 25: 460–476.

SÁNCHEZ MORA, M. C.(2007). Diversos enfoques sobre as visitas guiadas nos museus de ciência. In: *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Orgs: MASSARANI, Luisa, MERZAGORA, Matteo, RODARI, Paola. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

SANDIFER, C. (2003). Technological novelty and open-endedness: Two characteristics of interactive exhibits that contribute to the holding of visitor attention in a science museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 121-137.

SANTOS, M.E. (1999). *Desafios pedagógicos para o século XXI. Suas raízes em forças de mudança de natureza científica, tecnológica e social*. Lisboa: Livros Horizonte.

SANTOS, M.E. (2000). Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI. Co-construção do saber científico e da cidadania. In *"Actas do 2ª Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências"*. São Paulo - Brasil.

SANTOS, M.E. (2001). Relaciones entre Ciencia, Tecnología e Sociedad. In P. Membiela (Ed.). *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp.61-75). Madrid: Narcea.

SANTOS, C.A. E MOREIRA, M. A.(1991). *Escalonamento multidimensional e análise de agrupamentos hierárquicos*, Ed. da Universidade, Porto Alegre (1991).

SARABIA, B. (1992). "El aprendizaje y la enseñanza de las actitudes". Los contenidos en la reforma. Buenos Aires: Santillana; pp.38, 130, 137, 150,184.

SCHAUBLE, L. & BARTLETT, K. (1997). Constructing a science gallery for children and families: The role of research in an innovative design process. *Sci Ed* 81:781-793.

SEBASTIÁ, J. M. (1997). Comprensión de Conceptos Físicos Mediante Exhibiciones Interactivas: Un Estudio Comparativo; *Enseñanza de las Ciencias*, 1977, p.103-110.

SELLTIZ, W. C. (1987). Métodos de pesquisa nas relações sociais. Louise Kidder (org.) São Paulo, EPU, 1987, vol.1.

SERRANO, G. P.(1994). Investigación Cualitativa. Retos e Interrogantes. I Métodos e II Técnicas y Análisis de Datos. Madrid, Editorial La Muralla, S.A.

SHAMOS, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

SILVA, L. F. E CARVALHO, L.M. DE (2009). Professores de Física em Formação Inicial: o Ensino de Física, a Abordagem CTS e os Temas Controversos. *Investigações em Ensino de Ciências – V14(1)*, pp. 135-148.

SIMONNEAUX, L. e JACOBI, D.(1997) Language constraints in producing prefiguration posters for Scientific exhibition. In *Public Understand. Sci.* Vol. 6, p. 383-408.

SIMONDON, G. (1989). *Du monde d´existence des objets techniques*. Paris: Aubier.

SOLBES, J., TARÍN, F.(1998). *Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía*. *Enseñanza de las Ciencias*, v.16, n.3, p.387-397, 1998.

SOLBES, J., TARÍN, F. (2004). *La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una Propuesta y unos resultados*. *Enseñanza de las Ciencias*, v.22, n.2, p.185-194.

SOLOMON, J.(1991). 'Teaching About the Nature of Science in the British National Curriculum', *Science Education* 75(1), 95-103.

SOLOMON, J. (1997). New science education research for the new Europe? *Studies in Science Education*, 29, 93-124.

SOLOMON, J. (1993). *Teaching science, technology and society*. Buckingham, U.K.: Open University Press.

SOUSA, C. M. S. G. ; FÁVERO, M. H.(2001). A Resolução de Problemas em Física: Revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n. 2.

SOUSA, C. M. S. G.(2002) Análise de uma situação de Resolução de Problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1.

STEPHEN, H. CUTCLIFFE, S.H. (2000). *Ideas, machines, and values: an introduction to science, technology, and society studies*. Ed. Rowman & Littlefield, 2000  
ISBN 0742500675, 9780742500679,179 p.[ [books.google.com](http://books.google.com)].

STERNER, R. W. AND JAMES J. E. (2002). Ecological Stoichiometry's Proclamation. *Ecology*, 84(8), 2003, pp. 2226–2227 q 2003 by the Ecological Society of America.

STERN, P. C., DIETZ, T., KALOF, L., & GUAGNANO, G. A. (1995). Values, beliefs, and proenvironmental action: Attitude formation toward emergent attitude objects. *Journal of Applied Social Psychology*, 25, 1611-1636.

STRAUSS, A. L. (1987). *Qualitative analysis for social scientists*. New York: Cambridge University Press.

TAN, L. (1989). Science centres and their role in science education. In B, Honeysnan (Ed.). *Science education and the quality of life* (pp. 87-89). ICASE world conference. Conasta, Australia: ASTA.

THE HONG KONG SCIENCE MUSEUM, [[www.asiarooms.com/travel-guide/hong-kong/hong](http://www.asiarooms.com/travel-guide/hong-kong/hong)].

THIOLLENT, M. J. M.(1984). Aspectos qualitativos da metodologia de pesquisa com objetivos de descrição, avaliação e reconstrução. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, v. 49, p. 45-50.

TRAN, L. (2007). Teaching science in museums: the pedagogy and goals of museum educators. *Science Education*, v. 91, n. 2, p. 278-297.

TRUMPER, R. (1998). *A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training for High School Teachers* *Journal of Science Education and Technology* v. 7 p. 311.

UGARTE ECHEVARRIA, I.; CUESTA LORENZO, M.; DIAZ PALACIO, M.P.; MORENTIN PASCUAL, M. (2005). *Aportaciones de los Museos y Los Centros de ciencias a la Educación Científica: Una Investigación con Estudiantes de la Diplomatura de Educación Social*. Enseñanza de las Ciencias. Número extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en La Enseñanza de las Ciencias.

UNESCO (2000). *Science for the twenty-first century*. Paris.

USINA CIÊNCIA – UFAL. Disponível em: [[www.ufal.edu.br/usinaciencia/exposicoes/exposicao Energia](http://www.ufal.edu.br/usinaciencia/exposicoes/exposicao_Energia)].

VARRET, M. (1975). *Le temps dès études*. Honoré - Champion, Paris.

VERGNAUD,G.(1993). Teoria dos campos conceituais.In Nasser,L.(Ed) *Anais do 1º Seminário internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*; p. 1-26.

VÉRON, E. e LEVASSEUR, M. (1989) *Etnographie de l'exposition: l'espace, le corps et le sens*. Bibliothèque publique d'information. Centre Georges Pompidou. p. 27.

VYGOTSKY, L. S. (1978). *Pensamento e linguagem.Um estudo experimental da formação de conceitos*. São Paulo-Martins Fontes. p 44 – 101.

VYGOTSKY, L. A. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VIEIRA, V.(2005). “Análise de espaços não-formais e sua contribuição para o ensino de ciências”. Tese de Doutorado. Ibm, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

WAGENSBERG, J.; (1998). A favor del conocimiento científico (los nuevos museos). *Alambique*, 18, pp. 85-99.

WAGENSBERG, J. (2005) The “total” museum, a tool for social change. *História, Ciências, Saúde*, Rio de Janeiro, v. 12 (suplemento), p. 309-332.

XANTHOUDAKI, M.;TIRELLI,B.; CERUTTI, P. E CALCAGNINI, S. (2007). Museums for Science Education: can we make the difference? The case of the EST project. *Journal of Science Communication*, vol 06, 2007: Jcom 0603(2007)C08.pdf.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### TEST DE LA ASOCIACIÓN NUMÉRICA DE CONCEPTOS (TANC): 1º ESTUDIO.

#### Instrucciones para contestar:

Esta prueba se destina a comprobar el grado de intensidad con que usted relaciona o asocia un conjunto de conceptos relevantes dentro del siguiente tema en estudio de nuestra exposición experimental: **La energía con sus principales alternativas en la producción de electricidad.** En esta exposición elegimos como principales conceptos: 1) Carga eléctrica; 2) Corriente eléctrica; 3) Potencia eléctrica; 4) Inducción electromagnética; 5) Fuerza electromotriz o Diferencia del potencial eléctrico, o Tensión; 6) Electroquímico (reacción de oxidación y reducción; 7) Fotovoltaico; 8) Campo eléctrico (o Electricidad); 9) Campo magnético (o Magnetismo); 10) Energía potencial (mecánica o eléctrica); 11) Energía cinética; 12) Trabajo; 13) Energía (mecánica, calorífica, o química).

Al lado de los pares de conceptos en la lista de abajo, entre paréntesis, usted puede enumerar del 1 al 5, conforme la siguiente escala numérica asociada al grado de relacionamiento:

1.       = Relacionamiento muy fuerte
2.       = Relacionamiento fuerte
3.       = Relacionamiento medio
4.       = Relacionamiento débil
5.       = Ningún relacionamiento

#### Prueba (Test):

Carga-corriente ( ); Carga-potencia ( ); Carga-inducción ( ); Carga-tensión ( ); Carga-electroquímico ( ); Carga fotovoltaico ( ); Carga- campo eléctrico ( ); Carga-campo magnético ( ); Carga-energía potencial ( ); Carga-energía cinética ( ); Carga-trabajo ( ); Carga-energía ( ); Corriente-potencia ( ); Corriente-inducción ( ); Corriente-tensión ( ); Corriente electroquímico ( ); Corriente-fotovoltaico ( ); Corriente-campo eléctrico ( );

Corriente-campo magnético ( ); Corriente-energía potencial ( ); Corriente-energía cinética ( ); Corriente-trabajo ( ); Corriente-energía ( ); Potencia inducción ( ); Potencia-tensión ( ); Potencia-electroquímico ( ); Potencia-fotovoltaico ( ); Potencia-campo eléctrico ( ); Potencia-campo magnético ( ); Potencia-energía potencial ( ); Potencia-energía cinética ( ); Potencia-trabajo ( ); Potencia-energía ( ); Inducción-tensión ( ); Inducción-electroquímico ( ); Inducción-fotovoltaico ( ); Inducción-campo eléctrico ( ); Inducción-campo magnético ( ); Inducción-energía potencial ( ); Inducción-energía cinética ( ); Inducción-trabajo ( ); Inducción-energía ( ); Tensión-electroquímico ( ); Tensión-fotovoltaico ( ); Tensión-campo eléctrico ( ); Tensión-magnetismo ( ); Tensión-energía potencial ( ); Tensión-energía cinética ( ); Tensión-trabajo ( ); Tensión-energía ( ); Electroquímico-fotovoltaico ( ); Electroquímico-electricidad ( ); Electroquímico-magnetismo ( ); Electroquímico-energía potencial ( ); Electroquímico-energía cinética ( ); Electroquímico-trabajo ( ); Electroquímico-energía ( ); Fotovoltaico-campo eléctrico ( ); Fotovoltaico-campo magnético ( ); Fotovoltaico-energía potencial ( ); Fotovoltaico-energía cinética ( ); Fotovoltaico-trabajo ( ); Fotovoltaico-energía ( ); Electricidad-magnetismo ( ); Electricidad-energía potencial ( ); Campo eléctrico-energía cinética ( ); Campo eléctrico-trabajo ( ); Campo eléctrico-energía ( ); Campo magnético-energía potencial ( ); Campo magnético-energía cinética ( ); Campo magnético-trabajo ( ); Campo magnético-energía ( ).

### **MATRIX PARA CORRECCIÓN (TANC) 1º Estudio**

En la escala numérica presentada arriba para una única opción de respuesta del alumno para efecto de corrección, la matriz de corrección consideró dos posibilidades de resultado correcto mostrado abajo. Una primera opción correcta y una segunda opción considerada próxima a la correcta, con las dos teniendo el mismo valor de puntuación. Esa decisión llevó en cuenta el grado de subjetividad existente en la respuesta del especialista.

**Resultados correctos:** 1- Carga-corriente (1; 2); 2- Carga-potencia (3; 2); 3- Carga-inducción (2; 3); 4- Carga-tensión (2,1); 5- Carga-electroquímico (1; 2); 6- Carga-fotovoltaico (1; 2); 7- Carga-campo eléctrico (1; 2); 8- Carga-campo magnético (4; 5); 9- Carga-energía potencial (1; 2); 10- Carga-energía cinética (5; 4); 11- Carga-trabajo (3; 4); 12- Carga-energía (2; 3); 13- Corriente-potencia (1; 2); 14- Corriente-inducción (2; 1); 15- Corriente-tensión (2; 1); 16- Corriente-electroquímico (3; 2); 17- Corriente-fotovoltaico (3; 2); 18- Corriente-campo eléctrico (1; 2); 19- Corriente-campo magnético (1; 2); 20- Corriente-energía potencial(3; 2); 21- Corriente-energía cinética (4; 5); 22- Corriente-

trabajo (2; 3); 23- Corriente-energía (2; 1); 24- Potencia-inducción (5; 4); 25- Potencia-tensión (2; 1); 26- Potencia-electroquímico (1; 2); 27- Potencia-fotovoltaico (1; 2); 28- Potencia-campo eléctrico (2; 3); 29- Potencia-campo magnético (4; 5); 30- Potencia-energía potencial (2; 1); 31- Potencia-energía cinética (2; 1); 32- Potencia-trabajo (1; 2); 33- Potencia-energía (1; 2); 34- Inducción-tensión (2; 3); 35- Inducción-electroquímico (5; 4); 36- Inducción-fotovoltaico (5; 4); 37- Inducción-campo eléctrico (2; 1); 38- Inducción-campo magnético (2; 1); 39- inducción-energía potencial (2; 1); 40- Inducción-energía cinética (5; 4); 41- Inducción-trabajo (3; 2); 42- Inducción-energía (3; 2); 43- Tensión-electroquímico (2; 1); 44- Tensión-fotovoltaico (2; 1); 45- Tensión-campo eléctrico (2; 1); 46- Tensión magnetismo (4; 5); 47- Tensión-energía potencial (2; 1); 48- Tensión-energía cinética (5; 4); 49- Tensión-trabajo (3; 2); 50- Tensión-energía (3; 2); 51- Electroquímico-fotovoltaico (3; 2); 52- Electroquímico-electricidad (1; 2); 53- Electroquímico-magnetismo (4; 5); 54- Electroquímico-energía potencial (2; 1); 55- Electroquímico-energía cinética (4; 5); 56- Electroquímico-trabajo (2; 1); 57- Electroquímico-energía (2; 1); 58- Fotovoltaico-campo eléctrico (1; 2); 59- Fotovoltaico-campo magnético (4; 5); 60-Fotovoltaico-energía potencial (2; 1); 61- Fotovoltaico-energía cinética (4; 5); 62- Fotovoltaico-trabajo (2; 1); 63- Fotovoltaico-energía (2; 1); 64- Electricidad-magnetismo (1; 2); 65- Electricidad-energía potencial (1; 2); 66- Campo eléctrico-energía cinética (4; 3); 67-Campo eléctrico-trabajo (3; 2); 68- Campo eléctrico-energía (2; 1); 69- Campo magnético-energía potencial (3; 2); 70- Campo magnético-energía cinética (4; 3); 71- Campo magnético-trabajo (3; 2); 72- Campo magnético-energía (2; 1).

## ANEXO 2

### PRUEBA DE LA ASOCIACIÓN NUMÉRICA DE CONCEPTOS (TANC) 2º Estudio

#### Instrucciones para contestar:

Esta prueba se destina a comprobar, el grado de intensidad ,con la que usted relaciona, o asocia un conjunto de conceptos relevantes ,dentro del siguiente tema en estudio de nuestra exposición experimental: *En relación a las principales alternativas de producción de energía eléctrica y la alternativa de calentamiento por energía solar* de la exposición de la Usina Ciencia, elegimos dieciséis conceptos relevantes que están siendo trabajados en la escuela: masa; fuerza (de carácter: gravitacional, eléctrico, entre otros); trabajo; energía potencial (mecánica, eléctrica, del amortiguador); energía cinética; potencia; carga eléctrica; corriente eléctrica; inducción electromagnética (magnetismo generando electricidad o el inverso); tensión (fuerza electromotriz o diferencia de potencial eléctrico); electroquímico (generadores por reacción química de oxidación y reducción de las pilas); fotovoltaico (célula solar); energía (representando cualquier un de sus características : mecánico, térmico, solar, entre otros); temperatura; calor; foto-térmicos (calentador solar).

Al lado de los pares de conceptos presentados abajo (entre paréntesis), usted va a enumerar del 1 al 5, en consonancia con la siguiente escala asociada al grado de relacionamiento entre los conceptos:

1. = Relacionamiento muy fuerte
2. = Relacionamiento fuerte
3. = Relacionamiento medio
4. = Relacionamiento débil
5. = Ningún relacionamiento

#### Prueba:

Masa-fuerza ( ), masa-trabajo ( ), masa-energía potencial ( ), masa-energía cinética ( ), masa-carga ( ), masa-corriente ( ), masa-energía ( ), masa-temperatura ( ), masa-calor ( ),

fuerza-trabajo ( ), fuerza-energía potencial ( ), fuerza-energía cinética ( ), fuerza-tensión ( ), fuerza-carga ( ), fuerza-corriente ( ), fuerza-energía ( ), fuerza calor ( ), trabajo-energía potencial ( ), trabajo-energía cinética ( ), trabajo potencia ( ), trabajo-carga ( ), trabajo corriente ( ), trabajo-inducción ( ), trabajo-tensión ( ), trabajo-electroquímico ( ),trabajo-fotovoltaico ( ), trabajo-energía ( ), trabajo-temperatura ( ), trabajo-calor ( ), energía potencial-electroquímica ( ), energía potencial-fotovoltaico ( ), energía potencial-energía ( ), energía potencial-temperatura ( ), energía potencial-calor ( ), energía potencial-carga ( ), energía potencial-corriente ( ), energía potencial-inducción ( ), energía potencial-tensión ( ), energía cinética-carga eléctrica ( ), energía cinética-inducción ( ), energía cinética-tensión ( ), energía cinética-energía ( ), energía cinética-temperatura ( ), energía cinética-calor ( ), potencia-carga ( ), potencia-corriente ( ), potencia-tensión ( ), potencia-electroquímico ( ), potencia fotovoltaico

( ), potencia-energía ( ), potencia-temperatura ( ), potencia-calor ( ), carga-corriente ( ), carga-inducción ( ), carga-electroquímico ( ), carga-tensión ( ), carga-fotovoltaico ( ), carga-energía ( ), carga-temperatura ( ), corriente-inducción ( ), corriente-tensión ( ), corriente-electroquímico ( ), corriente-fotovoltaico ( ), corriente-energía ( ), corriente-temperatura ( ), corriente-calor ( ), inducción-tensión ( ), inducción-electroquímico ( ), inducción-fotovoltaico ( ), inducción-energía ( ), tensión-electroquímico ( ), tensión-fotovoltaico ( ), tensión-energía ( ), electroquímico-fotovoltaico ( ), electroquímico-energía ( ), electroquímico-energía ( ), electroquímico-calor ( ), fotovoltaico-energía ( ), foto-térmico-fotovoltaico ( ), foto-térmico-calor ( ), foto-térmico-electroquímico ( ), foto-térmico-inducción ( ), foto-térmico-masa ( ), foto-térmico-energía ( ), foto-térmico-energía potencial ( ), temperatura-energía ( ), temperatura-calor ( ).

### **MATRIX PARA CORRECCIÓN (TANC): 2º Estudio**

En la escala numérica presentada arriba para una única opción de respuesta del alumno para efecto de corrección, la matriz de corrección consideró dos posibilidades de resultado correcto mostrado abajo. Una primera opción correcta y una segunda opción considerada próxima a la correcta, con las dos teniendo el mismo valor de puntuación. Esa decisión llevó en cuenta el grado de subjetividad existente en la respuesta del especialista.

**Resultados correctos:** masa-fuerza (1; 2), masa-trabajo (1; 2), masa-energía potencial (1; 2), masa-energía cinética (1; 2), masa-carga (4; 5), masa-corriente (5; 4), masa-energía (1; 2), masa-temperatura (3; 2), masa-calor (2; 3), fuerza trabajo (2; 1), fuerza-energía potencial

(3; 2), fuerza-energía cinética (3; 2), fuerza-tensión (4; 5), fuerza-carga (3; 2), fuerza-corriente (4; 3), fuerza-energía (3; 4), fuerza-calor (5; 4), trabajo-energía potencial (2; 1), trabajo-energía cinética (2; 1), trabajo-potencial (1; 2), trabajo-carga (3; 4), trabajo-corriente (2;3), trabajo-inducción (3; 2), trabajo-tensión (3; 2), trabajo-electroquímico (2; 1), trabajo-fotovoltaico (2; 1), trabajo-energía (1; 2), trabajo-temperatura (4; 3), trabajo-calor (2; 3), energía potencial-electroquímica (2; 1), energía potencial-fotovoltaico (2; 1), energía potencial-energía (1; 2), energía potencial-temperatura (5; 4), energía potencial-calor (4; 5), energía potencial-carga (1; 2), energía potencial-corriente (3;2), energía potencial-inducción (2;1), energía potencial-tensión (2;1), energía cinética-carga eléctrica (5;4), energía cinética-inducción (5;4), energía cinética-tensión (5;4), energía cinética-energía (1;2), energía cinética-temperatura (3;2), energía cinética-calor (2;1), potencia-carga (3;2), potencia-corriente (1;2), potencia-tensión (2;1), potencia-electroquímico (1;2), potencia-fotovoltaico (1;2), potencia-energía (1;2), potencia-temperatura (4;3), potencia-calor (3;4), carga-corriente(1;2), carga-inducción(2;3),carga-electroquímica(1;2),carga-tensión(2;1),carga fotovoltaica(1;2), carga-energía(2;3), carga-temperatura (5;4), corriente-inducción(2;1), corriente-tensión(2;1), corriente-electroquímica(3;2), corriente-fotovoltaica(3;2), corriente-energía(2;1), corriente-temperatura (3;2), corriente-calor (3;2), inducción- tensión (2;3), inducción-electroquímica(5;4), inducción-fotovoltaico(5;4), inducción -energía(3;2), tensión-electroquímica(2;1), tensión-fotovoltaico(2;1), tensión-energía(3;2), electroquímico-fotovoltaico(3;2), electroquímico-energía(2;1), electroquímico-calor(3;4), fotovoltaico-energía(2;1), foto-térmico-fotovoltaico(4;5), foto-térmico-calor(1;2), foto-térmico- electroquímico(5;4), foto-térmico-inducción (5;4) foto-térmico-masa(3;4), foto-térmico- energía(1;2), foto térmico-energía potencial(4.5), temperatura-energía (1;2), temperatura-calor(1;2).

### ANEXO 3

#### Cuestionario – 1: De conocimientos sobre energía (primer estudio)

##### Identificación del alumno

Observación: justificar las respuestas dadas.

Preguntas:

1. La energía es definida en la Física como la capacidad de un agente realizar trabajo  
¿Cuál es el concepto de trabajo mecánico?
2. Toda vez que estamos aplicando una fuerza (Produciendo un esfuerzo) sobre un objeto, independiente de dislocarlo o no, ¿Estamos realizando trabajo?
3. Existen dos tipos de energía mecánica: La energía potencial y la energía cinética.  
¿Cuál es el concepto de energía potencial (exprese la definición de la energía potencial gravitacional)?
4. Cuando un cuerpo va a ser suelto en queda libre de cierta altura, ¿la energía potencial gravitacional que el cuerpo inicialmente presenta va a producir trabajo? Con la realización de trabajo de queda libre la energía potencial ¿se mantiene o se transforma? ¿En qué tipo de energía? En este proceso, ¿Qué es lo que podemos afirmar sobre la energía mecánica atribuida al cuerpo?
5. ¿Es correcto afirmar que la energía potencial gravitacional puede ser transformada directamente en energía eléctrica (o antes la energía potencial tendría que ser transformada en energía cinética)?
6. Diga un ejemplo, ¿Dónde la energía mecánica se transforma en energía eléctrica? Esta transformación de una forma para la otra ¿es total o parcial? ¿Cómo se queda la conservación de la energía en esta situación?

7. Dos esferas de masas iguales están en movimiento, en la que una tiene el doble de la velocidad de la otra, ¿Cuántas veces la energía cinética de una esfera es mayor que la de la otra?
  
8. Considere la situación en que no exista pérdida de energía, para cada mil kilogramos (mil litros o mil kg) de agua en caída de una represa, de una altura de cien metros, en relación a las hélices de la turbina, ¿Cuántas unidades de Joules de energía eléctrica el generador de una hidroeléctrica disponiendo de un potencial máximo, puede generar? ¿Qué es lo que corresponde y a aproximadamente a cuántos Kw-h? ¿Qué es lo que daría para mantener encendida una bombilla de 100w y por cuánto tiempo?

## ANEXO 4

### CUESTIONARIO 1: DE CONOCIMIENTO SOBRE ENERGÍA (segundo estudio)

#### Identificación del alumno:

Observación: todas las respuestas que serán dadas, deben ser justificadas. No se debe contestar utilizando sólo: sí o no, correcto o incorrecto, igual o diferente, total o parcial, entre otras simplificaciones.

#### Cuestiones:

1. Siempre que estaremos aplicando una fuerza (produciendo un esfuerzo) sobre un objeto, independiente de moverlo o no, ¿estaremos realizando un trabajo?
2. Existen dos tipos de energía mecánica: la energía potencial y la energía cinética. ¿Cuál es el concepto de energía potencial (exprese la definición de energía potencial gravitacional? Y ¿cuál es la definición de energía mecánica?
1. a) ¿Cuándo un cuerpo va a ser suelto en queda libre de una cierta altura, la energía potencial gravitacional que el cuerpo inicialmente presenta se encuentra disponible para realizar trabajo? b) ¿Con la realización del trabajo de queda libre la energía potencial inicial se mantiene o se transforma? ¿En caso de transformación para qué tipo de energía eso ocurre? c) En este proceso que podemos afirmar sobre la energía mecánica atribuida al cuerpo, ¿se conserva o se disipa?
2. Es correcto afirmar que en la hidroeléctrica la energía potencial gravitacional del agua almacenada en el lago, ¿se puede transformar directamente en energía eléctrica, o antes, la energía potencial tendría que ser transformada en energía cinética?
3. Cite otro(s) ejemplo(s), aparte del caso de la hidroeléctrica, ¿Dónde conseguimos transformar energía mecánica directamente en energía eléctrica? Esta transformación de una forma para la otra ¿es total o parcial? Y ¿Cómo queda la ley de la conservación de la energía en esta situación?

4. En una estufa solar la fuente de energía primaria es la luz irradiada directamente por el sol. Esta estufa contiene un vaso de aluminio calentando agua. Describa todos los procesos de transmisión de calor que lleva al calentamiento de todo el agua contenida en el vaso?
5. a) ¿Cuál es la naturaleza de la energía que se encuentra contenida en los alimentos? b) Cuando comemos al equivalente de 1000 julio (Joules) de energía contenida en un determinado alimento, ¿Cuáles son las funciones de esta energía en nuestro organismo? c) Si una persona de 100Kg imaginar que puede subir una ladera utilizando esta cantidad de energía extraída del alimento, ¿Conseguiría llegar a qué altura de la base, donde inicialmente se encontraba? Piense en todas las funciones ejercidas por esta energía antes de determinar su respuesta!
6. Cuando compramos alimentos por las calorías traídas y cuando pagamos la cuenta del abastecimiento eléctrico de la CEAL en Kw-h (kilo Watts hora) por el consumo de nuestra casa, por la interpretación de la Física como Ciencia, ¿estamos efectuando un procedimiento igual o son dos procedimientos diferentes?

## ANEXO :

### CUESTIONARIO 2: DE LA PROBLEMATIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN (1º Estudio).

#### (Los Experimentos Visitados)

Describa el proceso de transformación energética de la energía inicial al final, en cada una de las situaciones mostradas en los ítems abajo, especificando: la (as) energía primaria, la (as) energía secundaria, el trabajo realizado, las pérdidas (energía degradada), llevando en cuenta la ley que rige la eficiencia y el sentido en que puede ocurrir la transformación, y la ley de conservación de la energía. Liste los conceptos más relevantes relacionados a la energía en cada una de las situaciones (tome por base los conceptos utilizados en el TANC, pero, puede utilizar otros conceptos envueltos). Responda además el problema adicional, cuando esté siendo propuesto para la solución, en los ítems abajo.

**1) Súper-Vuelta (looping):** Suelte la esfera de 100 g de masa a partir de la altura máxima (de aproximadamente 80 cm) de la rampa (figura 1), observe en su movimiento como se procesa la vuelta por encima en los tres niveles de la órbita circular (que presenta el diámetro mayor de aproximadamente 31,5 cm). Repitiendo el procedimiento para alturas menores, hasta una altura mínima que aún permita el trayecto con la vuelta por encima (lo que ocurre a aproximadamente 40 cm). Analice el fenómeno a partir de la conservación y de las relaciones de transformaciones de la energía mecánica, determinando: a) la energía mecánica utilizada a más (la sobra energética) cuando la esfera es suelta de la altura máxima y ¿en qué tipo de energía mecánica la misma aparece? b) a energía cinética mínima (de rotación más translación) para que la esfera consiga procesar la vuelta por encima y caer en la bolsa?

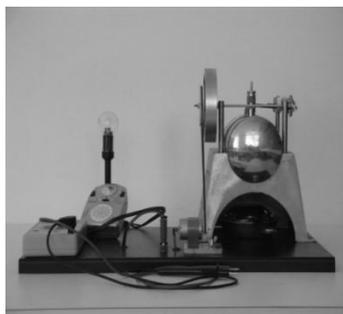
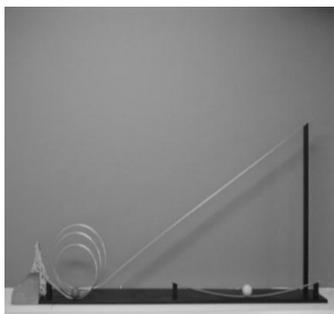


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 2

**2) Usina Termoeléctrica:** A partir de una máquina térmica (figura 2: vista frontal y vista de encima), que genera vapor de agua en alta presión, producimos energía mecánica de movimiento a través de la circulación del vapor que acciona las palas de la turbina del generador, que necesita dislocarse girando de forma forzada, realizando el trabajo necesario para generar energía eléctrica que alimenta el circuito. El fenómeno electromagnético es conocido por inducción magnética (Ley de Faraday-Lenz), y en el fondo se resume en obtener energía eléctrica a partir de la energía mecánica. ¿Describa todo el proceso de transformación, de energía, ahí verificado llevando en cuenta la ley de conservación? ¿De qué forma esta máquina interfiere en el medio ambiente? Su eficiencia se encuentra más próxima de 100 %, 50 %, o 10 %?

**3) Mini-usina eléctrica a manivela:** accionada por manivela manual para transformación de energía mecánica en eléctrica por inducción electromagnética a partir del movimiento forzado del eje del generador de energía eléctrica (inducción electromagnética) que coloca en funcionamiento dos bombillas de 1,5 W de potencia cada una (consume 1,5 J a cada segundo). Admitiendo que la eficiencia del proceso de transformación en el generador es de 60 %, a cada segundo ¿Cuál es el trabajo mecánico realizado por el operador del accionamiento de la manivela? el trabajo mecánico que no se convierte en energía eléctrica ¿En qué forma (s) de energía, se transforma?



Fig. 3

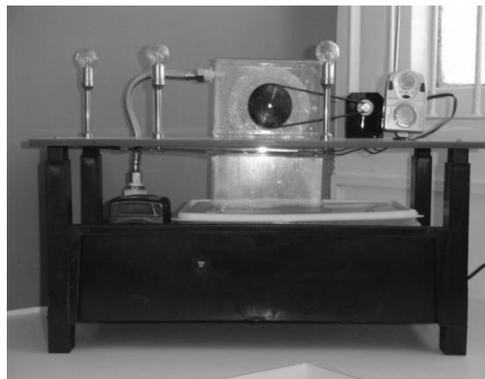


Fig. 4

**4) Sistema de Generación de la Usina Hidroeléctrica:** donde el accionamiento de las palas de la turbina del generador ocurre por un chorro de agua que pasa a una tasa de aproximadamente 100 ml/s (que corresponde 100 g/s). El sistema utiliza la variación de energía cinética para realizar el trabajo mecánico en el accionamiento de las palas de la

turbina asociada al generador de energía, que funciona con una eficiencia alrededor de 50 %. El circuito eléctrico es compuesto por tres bombillas de 1,5 W cada una, y de un radio de 0,5 W. Determinar: a) la potencia total a ser fornecida por el generador para el funcionamiento normal de los componentes del circuito; b) admitiendo que el chorro de agua es originado de un reservatorio de agua que se encuentra a una altura (h) del sistema de generación, ¿Cuál es el valor de esta altura, si toda energía potencial gravitacional se transforma en energía cinética del chorro de agua?

**5) Célula Solar (efecto fotovoltaico):** Funciona debido al efecto fotovoltaico, que es la excitación causada por fotones de luz, sobre electrones de una unión p-n semiconductor, en el sentido de dislocarlos de una región para otra causando una separación de carga que da origen a pequeñas fuentes de energía eléctrica, que van a ser multiplicadas, para que tengamos una producción mayor de energía (es algo equivalente a los dos electrodos cargados de las pilas químico-eléctricas). Se trata así, de un sistema que absorbe energía luminosa para transformarla en energía eléctrica, pero, con una pequeña eficiencia (entre 10% e 15 %).



Fig. 5



Fig. 6

**6) Generador de Van der Graff:** Se trata de una máquina (figura 6) que proporciona, a través de la electrización por atrito y por inducción, una alta concentración de carga en su campánula (esfera conductora de 30 cm de radio) y consecuentemente una alta tensión (potencial eléctrico alrededor de 50.000 Volts). En estas condiciones podemos efectuar la electrización de cuerpos vecinos o en contacto con el generador y producir descargas eléctricas en la atmósfera, entre otros fenómenos.

A) En su potencial eléctrico máximo ¿Cuál es la concentración de carga contenida en la superficie de la esfera del generador? B) ¿Cuál es el campo eléctrico producido en las

proximidades de la esfera? C) Con esta intensidad de campo eléctrico el aire atmosférico próximo se constituye ¿en un medio aislante o en un medio conductor? C) Justifique por el proceso de electrización, asociado a la generación de energía eléctrica, ¿Porque los pelos de las personas se levantan del cuerpo, cuando las mismas están en contacto con el generador?

**7) Cocina Solar:** la luz del Sol es una fuente de energía que podemos utilizar en nuestro cotidiano. La cocina solar utiliza un espejo cóncavo para concentrar la energía solar, irradiada sobre el área frontal espejada para una pequeña región focal, aumentando en muchas veces la intensidad de la energía local (Fig. 7). De esa forma, utilizamos una fuente natural de energía que no genera impacto ambiental para cocinar alimentos, en lugar del gas combustible que genera calor, descarga energía degradada para el medio ambiente atmosférico. ¿Describa en este sistema los procesos de transmisión de energía que genera el calentamiento del agua, contenido en el recipiente?



Fig. 7



Fig. 8

**8) Calefacción Foto térmica:** La calefacción solar residencial (Fig. 8). Consiste en una placa de captación solar conectada de un lado, apenas con una caja de agua térmicamente aislada (boiler) y del otro lado al boiler, y también a una caja de agua común. Montado conforme la figura de abajo, según las especificaciones técnicas de las instalaciones en los tejados residenciales. ¿Describa el proceso de transformación energética que causa el calentamiento del agua?

**9) Maquete de una hidroeléctrica:** compuesta por el lago, represa, sistema de generación, vertedero, subestación de alimentación y distribución, una ciudad con el fornecimiento de energía eléctrica, entre otras características mostradas. Busque efectuar una relación de las transformaciones energéticas mostradas en el maquete con las asociadas a las cuestiones 1, 2, 3, 4, e 10 ?



Fig. 9

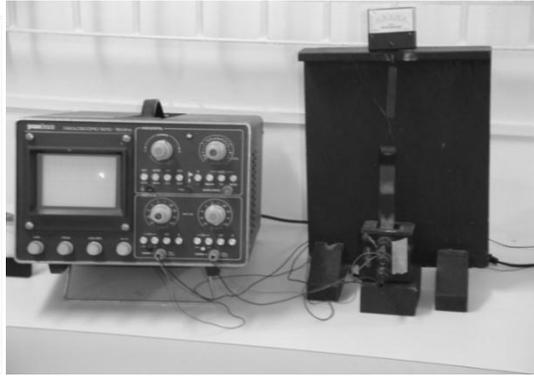


Fig. 10

**10) Inducción electromagnética (ley de Faraday-Lenz):** La variación del flujo de campo magnético en el área interna frontal de las espirales conductoras de la bobina, produce una fuerza electromotriz (d.d.p.) necesaria para el funcionamiento del circuito eléctrico. La energía eléctrica generada a partir de la inducción de fuerza electromotriz, cuando en circuito cerrado, exige realización de trabajo, lo que debe ocurrir a partir de la transformación de otra forma de energía (energía mecánica del sistema masa-amortiguador, en energía eléctrica. En el sistema masa (imán), amortiguador, y bobina, ¿describir las transformaciones energéticas relacionadas a la inducción de electricidad en la bobina en corriente alternada?

## ANEXO 6:

### QUESTIONÁRIO 2: DE PROBLEMATIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO (2º Estudo).

#### (Os Experimentos Visitados)

**1) Súper-vuelta (looping).** **Lea:** Suelte la esfera de 0,1 Kg de masa a partir de la altura máxima (de aproximadamente 80 cm) de la rampa (figura 1), se observa que en su movimiento, se procesa la vuelta por encima en los tres niveles de la órbita circular (que presenta el diámetro mayor de aproximadamente 31,5 cm) es de ahí que la esfera cae en la bolsa. El procedimiento es repetido para alturas menores, donde se verifica que existe una altura mínima, que aún permita a la esfera, dar la vuelta por encima (lo que ocurre a aproximadamente 40 cm de altura). Analice este fenómeno admitiendo la conservación de la energía mecánica. **Responda:** determinando: a) ¿Cuál es la energía mecánica inicial máxima utilizada? b) ¿Cuál es la sobra de energía mecánica, cuando la esfera es suelta de la altura máxima, llevando en cuenta que la esfera consigue dar la vuelta por encima, con una energía mecánica menor asociada a la altura mínima (la cuál hicimos referencia)? c) exprese el tipo de energía mecánica que la esfera presenta: ¿Cuándo va a ser suelta inicialmente?, ¿Cuándo llega en la base de la vuelta (loop) en movimiento?, y ¿Cuándo llega al topo de la vuelta (loop) en movimiento? d) ¿Cuál es la energía cinética mínima (de rotación más translación)?, ¿La esfera necesita llegar al topo de la vuelta (loop) para que consiga dar la vuelta por encima en contacto con el trillo para después caer en la bolsa? e) Procure efectuar una analogía (una comparación) entre las transformaciones de la energía en la vuelta (loop) con lo que ocurre en las Usinas Hidroeléctricas en relación a la energía mecánica, inicialmente contenida en el agua de la represa, hasta el chorro provocado por la caída de agua llegar a la Casa de Fuerza para provocar la generación de electricidad. Busque mostrar las diferencias y las similitudes existentes entre las dos situaciones?

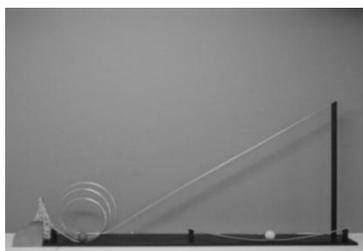


Fig. 1: Vuelta (loop)

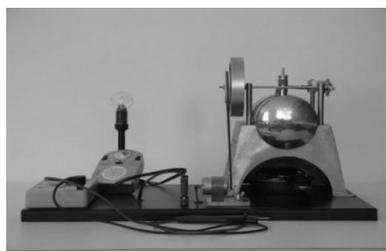


Fig. 2: termoelétrica



Fig. 2: ídem

En los demás procesos de transformación **energética** de las situaciones descritas y mostradas en las figuras de abajo, determine y/o estime y/o aún especifique: 1) la energía primaria o inicial y la energía secundaria o energía final; 2) la eficiencia del proceso de transformación; 3) las pérdidas con su interferencia en el medio ambiente (energía degradada o la que no tuvo una función útil); 4) Justifique se en el proceso de transformación ocurre la conservación de la energía; 5) liste algunos conceptos relacionados a cada caso o situación presentada (Usted puede tomar por base los conceptos utilizados en el teste de asociación numérica (TANC), entre otros conceptos que quiera envolver).

**2) Usina Termoeléctrica. Lea:** A partir de una máquina térmica (figura 2: vista frontal y vista de encima), que genera vapor de agua en alta presión, que va a ser puesto en circulación para constituirse en una fuente de energía mecánica de movimiento (energía cinética). Parte de esta energía cinética va a transformarse en trabajo para accionar las palas de la turbina del generador (o dínamo). El generador consiste en un imán que necesita dislocarse (en este caso girando) de forma forzada para realizar el trabajo necesario para provocar el efecto de inducción magnética en el enrolamiento de hilo conductor (la bobina del generador), donde se va a producir energía eléctrica, que va a alimentar el circuito eléctrico que esté ligado. El fenómeno electromagnético conocido por inducción magnética se encuentra asociado a la ley de Faraday-Lenz. Al final el fenómeno de inducción se resume en transformar energía mecánica (ni siempre disponible de forma concentrada en grande cantidad en el medio ambiente) en energía eléctrica. Existe todo un proceso de transformación de energía ahí verificado llevando en cuenta la ley de conservación. La eficiencia con que una máquina a vapor transforma calor en trabajo mecánico es considerada baja para fines de aplicación tecnológica en la actualidad. Por otro lado, el calor rechazado para la atmosfera genera problemas ambientales, contribuyendo para el calentamiento global.

**Responda:** Determine y/o estime y/o aún especifique: 1) la energía primaria o inicial y la energía secundaria o energía final; 2) lo que ocurre con eficiencia en este proceso de transformación; 3) las pérdidas de energía (energía degradada o que no tuvo una función útil), con su interferencia al medio ambiente; 4) justifique se en el proceso de transformación ocurre la conservación de la energía; 5) liste algunos conceptos relacionados a la situación presentada. Usted puede tomar por base a

algunos de los conceptos utilizados en el teste de asociación numérica (TANC), entre otros conceptos que quiera envolver.

3) **Mini usina eléctrica a manivela. Lea:** accionada por manivela manual para transformación de energía mecánica en eléctrica por inducción electromagnética a partir del movimiento forzado del eje del generador de energía eléctrica (inducción electromagnética) que coloca en funcionamiento dos bombillas de 1,5 W de potencia cada una (es decir, consume 1,5 J a cada segundo). Admitiendo que la eficiencia en este proceso de transformación, en el generador, es de 60 % de energía eléctrica por segundo. **Responda:** 1) ¿Cuál o trabajo mecánico realizado por el operador del accionamiento de la manivela? 2) En relación al restante del trabajo mecánico que no se convierte en energía eléctrica ¿En que forma(s) de energía se transforma? 3) Justifique si en el proceso de transformación, ¿ocurre la conservación de la energía? 4) liste algunos conceptos relacionados a la situación presentada. Usted puede tomar por base a algunos de los conceptos utilizados en el teste de asociación numérica (TANC), entre otros conceptos que quiera envolver.

4)

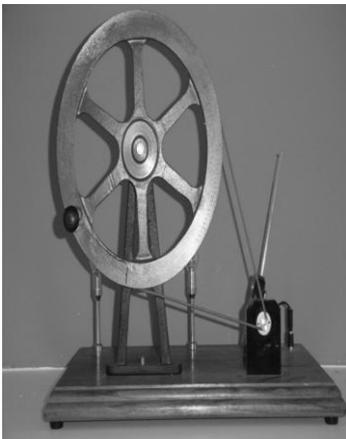


Fig. 3

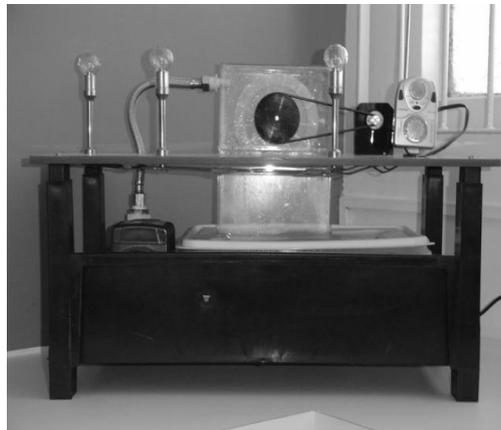


Fig. 4

4) **Sistema de Generación de la Usina Hidroeléctrica (Casa de Fuerza). Lea:** donde el accionamiento de las palas de la turbina del generador es efectuado por la variación de energía cinética de un chorro de agua, para realizar el trabajo mecánico necesario, para que ocurra el fenómeno de inducción magnética en el generador. Admitiendo que el mismo funciona con una eficiencia alrededor de 50 %. El circuito eléctrico es compuesto por tres bombillas de 1,5 W cada una, y de un radio de 0,5 W. **Responda:** a) determine, la potencia

total mínima a ser fornecida por el generador para el funcionamiento normal de los componentes del circuito; b) determine, el trabajo realizado por el chorro de agua para girar la turbina a cada segundo c) justifique, el proceso de transformación, la conservación de la energía; d) liste, algunos conceptos relacionados a la situación presentada. Usted puede tomar por base a algunos de los conceptos utilizados en el teste de asociación numérica (TANC), entre otros conceptos que quiera envolver.

**5) La Célula Solar (efecto fotovoltaico) y la Pila Eléctrica (efecto electroquímico). Lea:**

Cada mini-célula funciona debido al efecto fotovoltaico, que es la excitación causada por fotones de luz, sobre electrones en una unión p-n semiconductor, en el sentido de dislocarlos de la región (n) para otra región (p), causando una separación de carga o electrización local que da origen a pequeñas fuentes de energía eléctrica, que van a ser multiplicadas para tener una célula con capacidad mayor de generar energía. Es algo equivalente a las dos diferentes placas-electrodos, electrizadas con cargas de señal diferentes para formar las pilas, por el efecto electro-químico, cuando sometidos a una reacción química de oxi-reducción. Se trata así de dos sistemas que con fenómenos diferentes ejercen una misma función, la generación de energía eléctrica.

**Responda:** a) especificando en cada uno de los sistemas: la energía primaria o inicial y la energía secundaria o energía final? b) Entre las dos formas de generación ¿Cuál es la más eficiente y cuál es la más utilizada? c) Que interferencias al medio ambiente traen estas dos fuentes de producción de energía eléctrica y cuál de ellas estaría agrediendo más al medio ambiente? d) Liste algunos conceptos relacionados a la situación presentada. Usted puede tomar por base a algunos de los conceptos utilizados en el teste de asociación numérica (TANC), entre otros conceptos que quiera envolver.



Fig. 5



Fig. 6

**6) El Generador de Van der Graff. Lea:** Se trata de una máquina (figura 6), que proporciona, a través de la electrización por atrito y por inducción, una alta concentración de carga en su campánula (esfera conductora de 30 cm de radio) e consecuentemente una alta tensión (potencial eléctrico que puede llegar a 500.000 Volts). En estas condiciones podemos efectuar la electrización de cuerpos vecinos o en contacto con el generador y producir descargas eléctricas en la atmósfera, entre otros fenómenos.

**Respuesta:** a) En su potencial eléctrico máximo ¿cuál es la concentración de carga contenida en la superficie de la esfera del generador? b) El aire atmosférico próximo se constituye en un medio aislante o en un medio conductor? (justifique la respuesta a partir de algún fenómeno que esté ocurriendo en las proximidades del generador). c) Justifique ¿Porqué los pelos de las personas, en contacto con el generador, se levantan al contacto con el cuerpo? d) ¿Porqué las personas en contacto con el generador no llevan choque y las personas que se aproximan del mismo en funcionamiento, sin la necesidad de contacto, llevan choque?

**7) Cocina Solar. Lea:** la luz del Sol es una fuente de energía que entre otras funciones podemos utilizar en nuestro cotidiano como fuente de calentamiento térmico. La cocina solar utiliza un espejo cóncavo para concentrar la energía solar irradiada sobre el área frontal espejada para una pequeña región focal, aumentando en muchas veces la intensidad de la energía local (Fig. 7). De esa forma, utilizamos una fuente natural de energía que no genera impacto ambiental para cocinar alimentos, en lugar del gas, un combustible fósil, que genera calor, una forma de energía degradada que va a contribuir para el calentamiento global del medio ambiente atmosférico. **Respuesta:** a) describa la forma como ocurre la concentración de energía en el foco del espejo; b) ¿Cuáles son las formas de transmisión de calor que va a generar el calentamiento de toda el agua en el interior del recipiente?

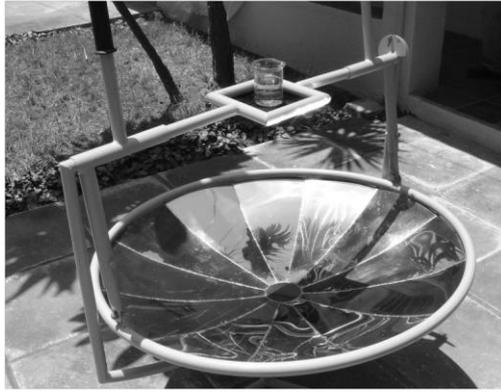


Fig. 7



Fig. 8

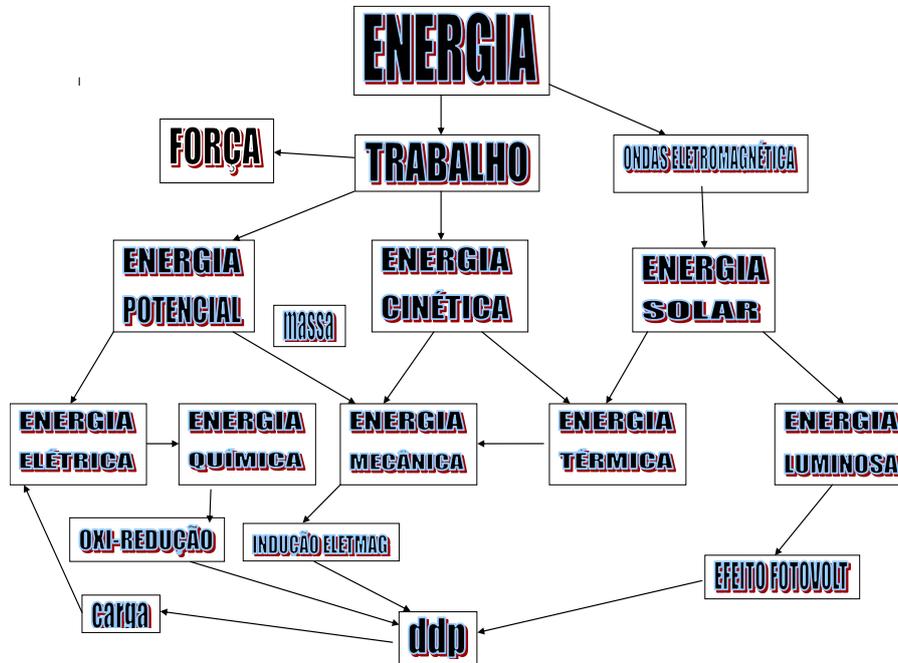
**8) Calentadores Fototérmicos: Lea:** El calentador de agua solar residencial, consiste de una placa de captación solar conectada a una circulación de agua ligada por un lado, apenas con un caja de agua térmicamente aislada (boiler) y del otro lado al (boiler) y a una caja de agua común. Montado conforme figura 8, de acuerdo a las especificaciones técnicas de las instalaciones en los tejados residenciales. **Responda:** a) Describa el proceso de transformación de energía que causa el calentamiento de agua, llevando también en cuenta el efecto invernadero, ahí provocado b) ¿Qué representa la utilización de estos calentadores para la economía familiar, en relación al costo del consumo de energía eléctrica (una ducha eléctrica consume alrededor de 3000 Watts a un costo de 0,40 centavos por Kw-h utilizado) y en razón de la preservación ambiental? Y ¿Cuáles son las ventajas?



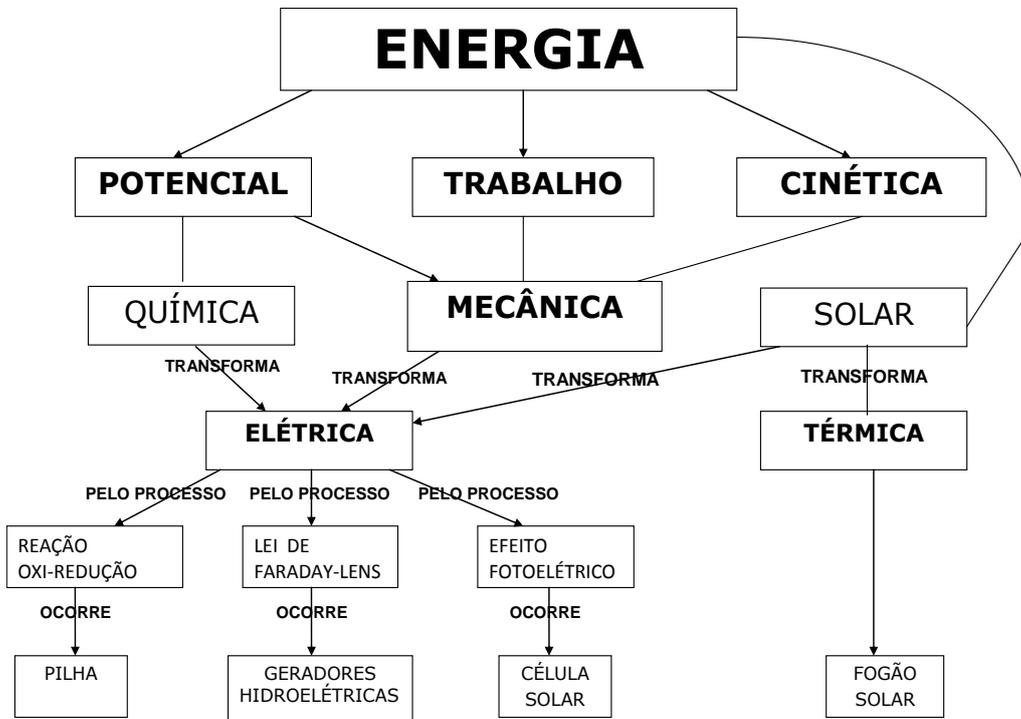
ANEXO 8:

Mapas do Professor no 2º Estudo.

Mapa inicial:

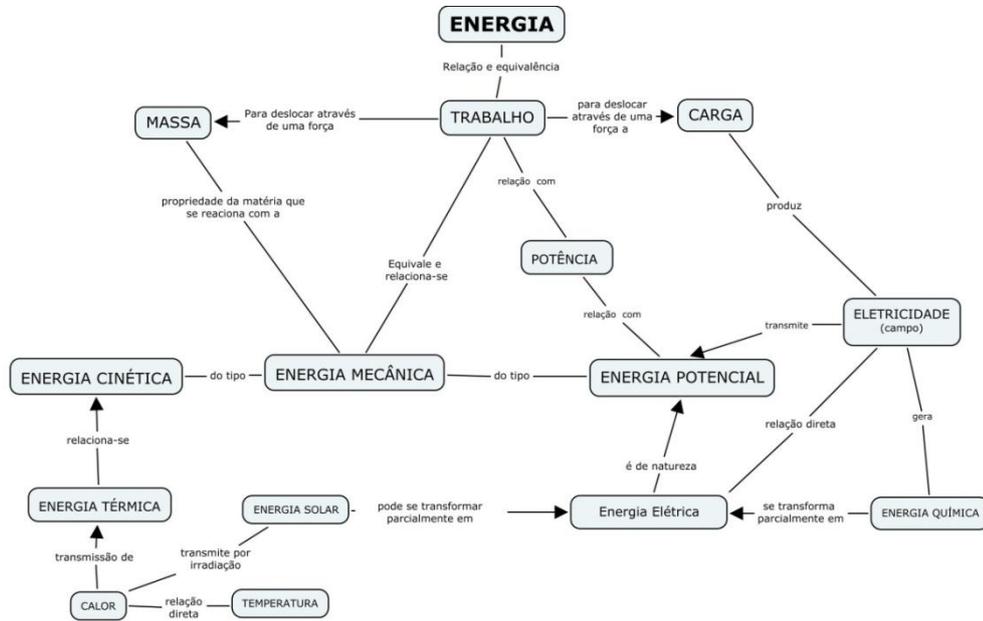


Mapa final:



## ANEXO 9:

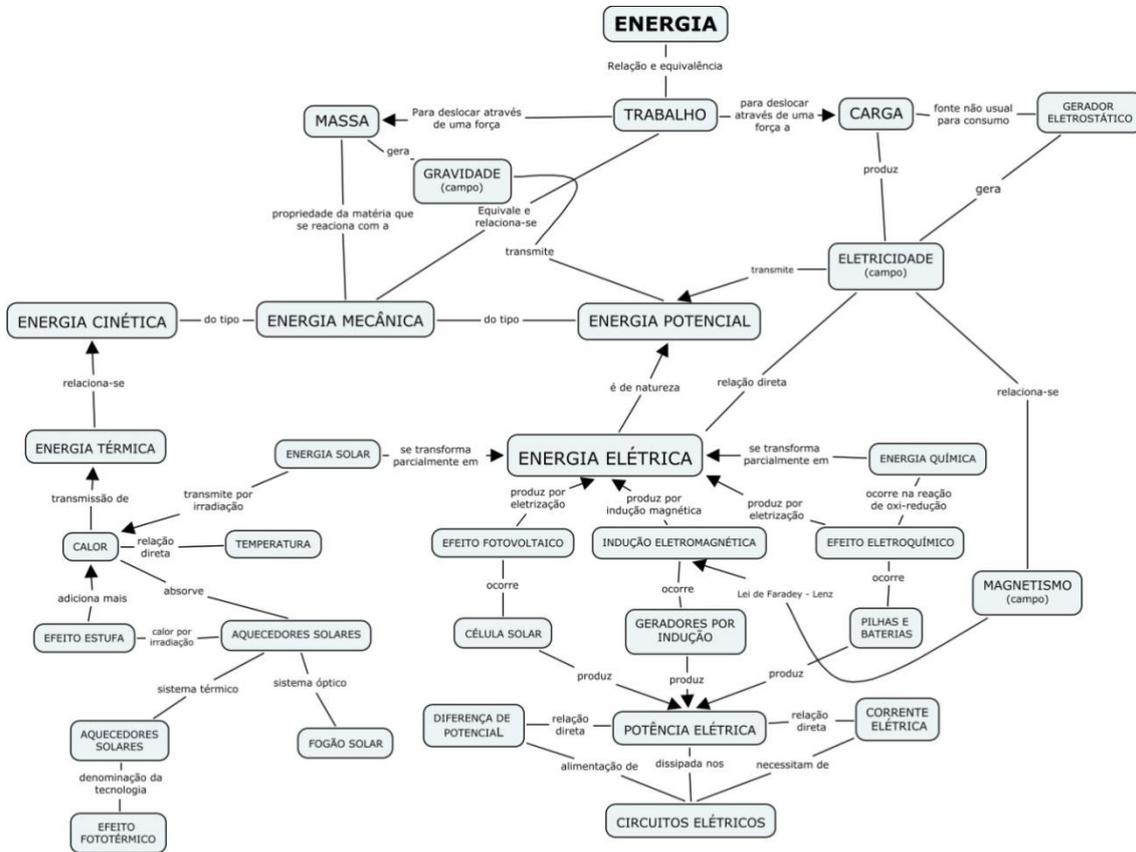
### Mapa do Especialista Inicial Simplificado Utilizado nos dois Estudos.



Anexo 9: Mapa Conceitual do Especialista

## ANEXO 10:

### Mapa do Especialista Completo Utilizado nos dois Estudos.



Anexo 9: Mapa Conceitual do Especialista

## ANEXO 11

### **La energía de la antigüedad hasta la actualidad.**

#### **1. Introducción**

La enseñanza de las Ciencias debe buscar promover la descripción del mundo natural y de las tecnologías incorporadas por la sociedad teniendo el cuidado de pasar una comprensión de cómo los seres humanos están interfiriendo y cambiando el entorno. En este contexto, el tratamiento del tema energía con sus inter-asignaturas, por su amplitud en las cuestiones de la vida en sociedad principalmente delante poblaciones con la participación de grandes asentamientos humanos, es algo de vital importancia para una alfabetización científica para la ciudadanía.

Este texto fue escrito con base en el cuaderno temático sobre el tema de energía, que lleva como título: *A energia dos tempos antigos aos dias atuais* (Ornellas, 2006). Este libro fue desarrollado como un trabajo subyacente a esta investigación. La propuesta de este texto estaba siendo evaluada antes de su edición y se mostró favorable para ser utilizada en la formación de los estudiantes de los cursos de licenciaturas en Física de nuestra universidad, relacionada con: la secuencia de disposición del abordaje al contenido, cuanto al nivel de profundización de temas y cuanto al lenguaje, con el propósito de que este proyecto que se propone ser un libro sintético(70 páginas) para situar a los lectores en algunos aspectos al respecto de un tema tan amplio. Hemos tenido el propósito de tratar de abordar la energía, en su evolución histórico-filosófica hasta llegar a la misma con un producto de consumo, en cuyo momento, se hizo una asociación con los impactos ambientales, tratando de seguir el punto de vista educativo CTS. Este folleto fue desarrollado con el objetivo de ayudar a los maestros a tener un enfoque más integrado y más amplio sobre la energía, en relación a lo que fue puesto en el recorte de la programación de enseñanza de esta investigación. El libro analiza el concepto de energía de acuerdo a la evolución histórica-epistemológica de este tema. Durante la preparación de esta investigación se acordó que este libro sería leído por el profesor y discutido a partir de

entonces su aplicación en la programación de la escuela. Sin embargo, su uso en algunas partes del texto directamente con los estudiantes de la escuela primaria y secundaria, A pesar de haber sido recomendado, se quedó a criterio: de la necesidad y de la adecuación al nivel de formación académica en el campo donde se realizó el estudio; y del tiempo disponible en la asignatura y también en la forma que el maestro desarrolla su trabajo en el aula.

## **2. La “Energía” hasta Aristóteles**

En la actualidad, la Física es una ciencia que presenta modelos de predicción de la evolución cósmica, investiga el mundo sub-microscópico de las partículas que componen la materia, trabaja en el desarrollo de nuevas fuentes de energía, desarrolla nuevos materiales y nuevos productos que permiten a las nuevas tecnologías. Toda la cultura científico-tecnológica incorporada en la actualidad es fruto de una ciencia que, Aunque muy reciente cronológicamente (en comparación con la escala de tiempo de la existencia de la especie humana), tiene los primeros registros escritos sobre el “papel” de por lo menos hace 2.600 años (ibid.).

A partir del siglo VI a.C. en las colonias griegas de Jonia, Asia menor, los filósofos aparecen de forma definida por medio de algunos fragmentos de sus obras que fueron preservados, quedándose registrado que: Tales hizo predicciones de eclipses y se midió la distancia a la que se encontraban los barcos en el mar; Anaximandro dibujó mapas de la tierra, construyó el reloj de sol, entre otras grandes hazañas de los pensadores de la época. Nuestra preocupación en este texto es la de tratar la evolución del concepto de energía integrada con la evolución del concepto de materia, por la relación muy próxima entre materia y energía que desde la filosofía antigua empezó a existir. Es importante observar en esta primera etapa de este proceso evolutivo que a pesar de la existencia de cálculos y de una cuantificación matemática, el conocimiento científico dejado por las civilizaciones del mundo antiguo ha mostrado la descripción de los fenómenos de la naturaleza (de la *Phisis*) era realizada de forma discursiva, sin la aplicación de un lenguaje matemático, y normalmente justificada por los poderes de los dioses y de los seres mitológicos. El dios Zeus, por ejemplo, de la mitología griega, representaba “el padre de los dioses y de los humanos”, y simbolizaba un orden racional: fue el brillo y la luz a las cosas del mundo, que podría por cierto ser denominado, en la concepción mítica de la época, del Dios energía (ibid).

En la filosofía antigua la busca por un elemento común a toda la materia ha desempeñado este papel: a veces el agua, a veces el aire, a veces la tierra y a veces el fuego, tomados como una sustancia de la que originaban las otras. Más tarde, en el siglo V a. C. estas cuatro sustancias fueron agrupadas y clasificadas como elementos esenciales de la misma importancia, que combinan las razones místicas (como el amor y la amistad que los unían y el odio y la enemistad que los separaban) para formar a todos los demás medios materiales. Aunque en el siglo VI a. C. llega un nuevo modo de pensar sobre la materia, a través de Anaxágoras de Clazômena, ya no como un elemento primordial o sustancial (agua, aire, tierra o fuego), pero a partir de una parte única que puede subdividirse Microscópicamente: las "semillas" (*homeomerias*), que serían el principio (la *arché*) de la constitución de todos los medios materiales existentes, que podrían ser diferenciadas en una estructura plural (compuesta) para la materia. En este modelo, podrían existir nuevas semillas dentro de las semillas, en una división interminable. En oposición al pensamiento de la época que fue atribuir a los fenómenos justificativos con razones mitológicas atribuidas a divinidades, para Anaxágoras debería haber en la naturaleza algún tipo de "fuerza" o de energía (los *nuos*) que se estructura. Se vincula y cambia la infinita variedad de medios materiales. Así, bajo la acción de los *nuos* que significaban "mente", existiría un número infinito de "semillas", en un diseño estructural de "mente cósmica" para la materia (Aristóteles, 1964; Snedden, 1996, apud Ornellas, 2006). Aquí es conveniente destacar que la idea del átomo diseñado como diminutas partículas, como el elemento estructural de la materia, llega en aproximadamente al mismo tiempo con Leucipo y su discípulo Demócrito, que llamó a estas partículas por primera vez de "*atomein*" (que significa en griego: lo que no se puede dividir). El átomo fue caracterizado como una partícula eterna, incorruptible, se mueve en el vacío (que aparece a continuación, el primer registro de la existencia del vacío). A pesar de ser considerado en la actualidad como el diseño inicial de la idea del átomo no se muestran en los registros e interpretaciones de la obra de estos primeros atomistas una dosis de elementos racionales como los efectuados por Anaxágoras, al intentar justificar no sólo un embrión al asunto, pero también justificar la forma en que estos componentes se añaden [ídem]. Es importante resaltar en este punto que, a pesar de decir que el atomismo científico se originó en el siglo XIX, con los trabajos de Dalton, Gay-Lussac y Avogadro, nosotros no podemos despreciar, para la composición de la materia y, en consecuencia, a una idea embrionaria de energía y fuerza interior, la labor de Anaxágoras y de los creadores del atomismo antiguo (Ornellas, 2006).

Es en esta época que se origina la palabra energía en la ciencia aristotélica, de la terminología griega “*energeia*”, que significa hecho (en el diccionario de griego clásico, expresa fuerza, algo que actúa, que transforma, que se mueve). Para comprender su significado se suele usar una palabra opuesta, “*dinamis*”, que significa potencia. En estos dos términos se encuentra la base del problema más importante de la Física aristotélica. La Potencia (*dinamis*) significa posibilidad, potencialidad, capacidad para ser o no ser, o capacidad de transformación, de cambio, de variación, mientras el acto (*energeia*) significa la realidad, la perfección, el cumplimiento del ser, un estado estacionario, una mejora para el ser, un lugar natural para todo el ser. La potencia y el acto son términos relacionados para ser utilizados de forma asociada. Aplicando estos dos términos sobre la cuestión de la relación entre materia y forma, según Aristóteles, la materia es la potencialidad pura, “*dinamis*”, que viene realizada de virtudes de la “*energeia*”, cuando pasa al acto de la forma. La materia y las formas que se suponen son inseparables, pues el acto surge por medio de la potencia (Aristóteles, 1964; apud Ornellas, 2006). Por ejemplo, en un ambiente musical, los recursos materiales constituyentes son: los instrumentos, las olas sonoras en el aire, la gente tocando y bailando; que podremos considerar que son potencialidades puras que pasan al acto de la forma por medio de la virtud establecida en las notas musicales creadas e instrumentalizada por el hombre para ser oída (la energía de sonido).

Para Aristóteles la naturaleza, como un principio intrínseco del movimiento, requiere movimiento para los cuerpos, la que asoció ampliamente como transformación, mutación, cambio de posición, lo que él considera como el primer principio de la naturaleza. También examinó la materia y forma (y la privación de la forma) como los últimos principios fundamentales a la naturaleza. Consideró que en la naturaleza: materia y forma son componentes inseparables, de la misma manera, como por ejemplo, es considerado en el arte, donde la materia siempre se ordena en una forma. El movimiento, sin embargo, no puede explicarse sólo por sus causas intrínsecas: la material y la formal, una vez que podemos considerarlos como principios pasivos del movimiento. Por lo tanto, hay dos razones más en la filosofía aristotélica de naturaleza extrínseca para el movimiento: el de la causa eficiente y el de la causa final. La causa eficiente es considerada un principio activo, una asociación causal eficiente puesta para justificar efectivamente a la transformación, el cambio de posición, cuando se introduce el principio referido a la necesidad de asociar al movido a la motorizada (la necesidad de aplicación de una fuerza o de una acción que cause transformación). Con relación a la causa final, como el nombre ya ha dicho, es un principio en que se establece la necesidad de una finalidad para cualquier

transformación o cambio de posición entre dos estados (inicial y final). Aristóteles consideraba que el movimiento es el acto de lo que está en potencia, mientras está en potencia. La causa final es considerada la causa que condiciona todas las otras, una vez que, tiene como su referente: la doctrina de la potencia y del acto. En que se queda establecido que, nada se puede mover (pasado de la potencia para el acto) espontáneamente, a excepción de un agente (un motor inmóvil) que ya ha estado en acto en la naturaleza del movimiento, es decir, en “*energeia*” (la causa final de todo el movimiento en su sentido amplio puesto por este punto de vista metafísico) (Aristóteles, 1964; apud Ornellas, 2006). En Aristóteles no se concebía una fuerza opuesta (contra motora) externa al movimiento (la transformación de las cosas). La misma naturaleza tuvo el movimiento contrario al movimiento intrínsecamente, que podría causar un efecto similar en el estado de reposo. En la concepción aristotélica lo opuesto del movimiento no debe ser comprendido solamente como un movimiento (de naturaleza opuesta), una vez que el reposo era una situación que causaba el mismo efecto. Así el movimiento tenía como opuesto el movimiento y el propio reposo, considerado como la privación del movimiento. En ese sentido, el reposo, como la privación del movimiento era considerado un opuesto del opuesto (Aristóteles, 1964).

Las doctrinas de Aristóteles, como una de las primeras visiones de mundo de carácter racionalista, destacado en la cultura griega e incorporada posteriormente en la Iglesia Católica como dogma, dominó el pensamiento de la cultura occidental hasta el Renacimiento, volviéndose un obstáculo en la divulgación de nuevas ideas que contradecían el legado aristotélico, lo que traía dificultades al desarrollo científico. Sin embargo, delante de tantas ideas revolucionarias que iban surgiendo en el campo de la ciencia (la revolución copernicana), esa imposición de la Santa Inquisición, logró mantenerse hasta el siglo XVII, cuando Galileo y Newton reformularon la mecánica de los movimientos de los cuerpos para una concepción aceptada hasta los días actuales (Elkana, 1977, apud idem).

Examinando la doctrina aristotélica de la potencia y del acto, dentro de nuestra concepción científica actual de la energía, tenemos la comprensión que podremos asociar la potencia (*dinamis*) con las transformaciones energéticas normalmente advenidas por la realización del trabajo, que ocurren en el transcurso del tiempo (el concepto de potencia en la actualidad es la razón entre el trabajo o variación de energía y tiempo). El acto (*energeia*), podremos interpretar como el propio estado inicial o final de toda transformación, es decir, un estado bien mejorado, excitado o estacionario preexistente de

energía (que puede ser máximo, intermediario o de mínima energía). El estado estacionario de energía previamente establecido en la naturaleza de ser, que todo medio material debe de buscar, una vez que fuera del equilibrio o en estado de inestabilidad, delante de ciertas condiciones ambientales impuestas por su barrio, o incluso que el objeto se encuentra aislado (Ornellas, 2006) . A pesar de que hemos tenido éxito en intentar conciliar cómo ocurren las transformaciones de energía en el diseño científico actual con el principio aristotélico de la potencia y del acto, sería improbable o quedaría muy complejo, o en la mejor de las hipótesis quedaríamos muy limitados a casos particulares, se buscásemos asociar las ideas traídas por el principio aristotélico del movido y motor con las ideas de la causa de los movimientos establecidas por Galileo y Newton.

También en un intento de actualización del principio de la potencia y del acto, la masa, por ejemplo, una de las propiedades fundamentales del actual ser materia, cuando en constantes transformaciones ambientales no se presenta en acto, pero si en potencia, por su propia capacidad o potencialidad de transformarse y adquirir nueva forma de ser (a través de una reacción química, por un cambio de estado físico, a través de una reacción nuclear), en la busca de constituirse en acto, es decir, un estado mejorado o estable de energía que las condiciones externas impuestas, el contacto, están para ofrecerle. Por ejemplo, en la propia ecuación de Einstein:  $E = m.c^2$ , que estrecha la unión entre masa y energía, muestra la relación entre materia y forma por las constantes necesidades de transformación que la naturaleza impone en las cosas, que la Física y la metafísica aristotélica, de cierta forma, ya concebía (ídem).

### **3 A repensar las ideas de Aristóteles**

#### **3.1 El principio de racionalización de las matemáticas en la ciencia**

La doctrina de la potencia y del acto tuvo grande fluencia en el campo de la filosofía, donde continuó vigorando por mucho tiempo, sin embargo, a pesar de eso, la evolución del concepto físico de la energía va a recorrer nuevos caminos, como veremos ahora , a través del tratamiento del complejo “fuerza-energía” (así denominado en la literatura por el hecho de solamente, a partir del siglo IXX se logró hacer una distinción bien definida entre estos dos conceptos) (Elkana, 1997; apud, ídem). En la edad media, el filosofo Tomás de Aquino, monje de la Iglesia Católica, empieza un repensar de la filosofía

aristotélica, con un proceso de troca del anti matematismo y la valoración del empirismo observacional, por el uso de la racionalización matemática. Entra en cuestionamiento el concepto aristotélico de fuerza, que decía que un objeto que se mueve es movido por alguna cosa (el motor inmóvil), que debe de estar en contacto permanente con el mismo y, consecuentemente, también exigir una causa para que se muevan. Lo que llevó a argumentos de oposición en esa época, una vez que, si pensáramos en esa línea de quien movería la fuerza (motor) que mueve el objeto, se llegaría a una cadena infinita de agentes para el movimiento (ibid.).

Las contribuciones siguientes empezaron un proceso determinante para el desarrollo del complejo fuerza-energía, una vez que muestran que la fundamentación teórica pasa a utilizar el lenguaje matemático y la razón humana pasa a delinear la forma mejorada de observar (Ornellas, 2006). Empezamos esta etapa con las contribuciones de Simon Stevinus en 1586, que establece que para un sistema de cuerpos suspensos e interconectados por poleas, son iguales a los productos de sus pesos por los desplazamientos respectivos. Se queda ahí caracterizada, en nuestro punto de vista actual, una relación de conservación del trabajo o de conservación en la variación de la energía potencial gravitacional. Galileo, entonces, en 1612, estudiando el equilibrio de los cuerpos sobre un plan inclinado, refuerza las ideas de Stevinus, y utiliza estas ideas para tratar del equilibrio de líquidos, asociado en el caso al problema del sifón (Bassalo, 1996-1, apud, ibid.).

En contribución con la construcción del concepto de trabajo, Galileo, en sus últimos años de vida, nos deja registrado que el “trabajo” necesario para elevar un cuerpo de cierta altura era el mismo, independiente del camino escogido. Podremos identificar hoy que por detrás de esta afirmación, hay el concepto de trabajo realizado por una fuerza de naturaleza conservativa (Bassalo, 1995, apud Ornellas, 2006). Galileo, a pesar de no haber dado contribuciones pertinentes al desarrollo del concepto de energía, se preocupó por buscar alternativas más plausibles relativas a las ideas aristotélicas de las causas del movimiento, dando inicio a los fundamentos de la mecánica newtoniana. La historia da a Galileo el primero a instituir una metodología de análisis científica dentro de los estándares modernos, que lo llevó al tratamiento correcto para las propiedades inerciales de la materia, a pesar del concepto de masa aún se encontrar debidamente establecido (en aquella época, Galileo pensaba que en un cuerpo en movimiento existían dos hechos fundamentales: su peso y su velocidad). El suceso de Galileo en ver el mundo físico se debe mucho a tener como fuente de inspiración la razón, y hacer uso de la matemática como el lenguaje más

apropiado para la descripción natural, en contraposición a las ideas de Aristóteles, que tuvieron como fuente inspiradora la experiencia sensible en la descripción de los fenómenos, sin el uso de la descripción matemática (Bassalo, 1996-1; apud ibid.).

Descartes desarrolla la corriente filosófica del racionalismo clásico, que tiene como idea básica la de que se encuentra en la razón humana, exclusivamente, la capacidad que hemos tenido de establecer la verdad y de moldar la naturaleza; el hecho más importante en el cartesianismo es que sólo se observa a partir de razones previas. En sus estudios sobre el movimiento de los cuerpos, ese pensador, introduce el término cantidad del movimiento (como el producto de la extensión o de su volumen por su velocidad), refiriéndose a esta cantidad como un efecto de una fuerza actuando sobre un cuerpo en movimiento. Sin embargo, cupo a Newton, partidario de la filosofía cartesiana, en la publicación de su Principia en 1687, desarrollar el concepto de masa en la mecánica clásica y consecuentemente establecer el concepto de cantidad de movimiento como el producto de la masa por la velocidad. A su vez, se atribuye a John Wallis, en 1668, la demostración experimental de la conservación de la cantidad de movimiento (también denominada de momento lineal) a partir de la colisión de los cuerpos, comprobando las ideas extraídas teóricamente por la razón pura y simples de Descartes de pensar la naturaleza sin la necesidad de comprobar experimentalmente (Bassalo, 1996-1; apud, ibid.).

### **3.2 Las formalizaciones matemáticas primeras relacionadas con la energía**

Una controversia entre lo que sería la “vis viva” se establece en contraposición a las ideas de Descartes, con Cristian Huygens, físico holandés, que en 1669 presentó a la Royal Society of London un estudio sobre el choque recíproco entre dos cuerpos. En la oportunidad, él mostraba que lo que se conservaba en la colisión era la suma de los productos de las masas por los cuadrados de las velocidades. En ese importante momento histórico en la construcción del concepto de energía, Leibniz (alumno de Huygens) introduce el concepto de fuerza viva (la “vis viva”), que expresaba el producto de la masa por la velocidad al cuadrado ( $m \cdot v^2$ ) (Bassalo, 1996-1; Elkana, 1977; apud Ornellas, 2006).

Una de las primeras contribuciones utilizando el formalismo matemático para la conservación de la energía mecánica (cinética más potencial) viene de Daniel Bernoulli (el hijo de John). Él presenta un teorema relacionado al flujo de los fluidos en tubos

horizontales (posteriormente denominado principio de Bernoulli), confirmando que “cuando la velocidad del flujo en los fluidos aumenta, su presión disminuye”, en que usa el principio de la conservación de la fuerza viva de Leibniz en su elaboración. Es importante destacar aun que en esa obra Daniel presentó la idea de que una fuerza puede ser deducida de una “función potencial”, expresión usada en su manuscrito. Su padre John Bernoulli posteriormente generalizó las ideas del hijo, presentando en 1734 (en un período que corresponde a la edad moderna), el teorema de la hidrodinámica escrito formalmente por  $P + DV^2/2 + Dgh = \text{constante}$  (sabemos hoy que, esta ecuación de conservación de las contribuciones de presión en un flujo fluido ideal necesita llevar en consideración la noción de energía de movimiento de cierta cantidad de masa de fluido y de su energía potencial; en la actualidad, tenemos la costumbre de deducirla a partir de una relación entre el trabajo y la variación de la energía mecánica, que utiliza como principio la conservación de la energía mecánica) (Bassalo, 1977-3; apud *ibid.*).

### 3.3 La vis viva: ¿fuerza o energía?

D'Alembert, que en 1743 publicó su libro “*Traité de Dynamique*”, Trata de resolver la disputa entre la cantidad de movimiento de Descartes y la **vis viva** de Leibniz. En su argumentación era expuesto lo siguiente: un cuerpo bajo la acción de cierta fuerza lleva cierto tiempo para recorrer determinada distancia; la acción de esta fuerza podría ser calculada por su efecto en el tiempo y en el espacio.

En primer caso él mostró a partir de la ley de movimiento de Newton ( $F = m \cdot a$ ), que la medida de la fuerza se hace a través de la cantidad de movimiento cartesiana producida [ $F \cdot \Delta t = \Delta (mv)$ ]. En el segundo caso, él mostró que esa medida se hace por medio de la fuerza viva, es decir, por la variación de la fuerza viva producida [ $F_x \cdot \Delta x = \Delta (mv^2)$ ], en la concepción actual, utilizando la relación entre trabajo ( $F_x \cdot \Delta x$ ) y la variación de la energía cinética [ $\Delta (mv^2)/2$ ] (Bassalo, 1977-3; Elkana, 1977; apud Ornellas, 2006).

En 1744, Euler, trabajando en su principio de mínima acción (atribuido Euler-Maupertuis), utiliza el concepto de energía potencial denominado de “*vis potentialis*”. Además de dar grandes contribuciones para la mecánica de los fluidos, también desarrolló la mecánica de los cuerpos rígidos en rotación. En 1736 publicó el libro “*La Mechanica*”, donde divulga su obra (Bassalo, 1977-3; apud *ibid.*).

En 1788, Lagrange publica su famoso libro “*Mecanique Analytique*” (Mecánica Analítica). A partir de ahí podremos afirmar que, la Mecánica Clásica de Euler- Lagrange y de otros predecesores nobles empieza a ser consolidada. Lo que ocurre en el siglo XIX, con las contribuciones de Hamilton, Jacob, Poisson, Poincaré, que entre otros científicos importantes, han traído amplitud a la Teoría Mecánica. A punto tal, de su aplicación, en la solución de diversificados problemas de la naturaleza mecánica, que dio la impresión que todos los problemas de análisis de movimientos estarían resueltos. Podremos observar que dentro de nuestra visión actual ya vislumbramos una nítida separación efectuada entre lo que se podría llamar de fuerza y lo que sería energía. Sin embargo, las terminologías fuerza viva cinética y fuerza viva potencial, o inclusive, fuerza en la concepción newtoniana, continuaron a vigorar, hasta porque no existía aun en el siglo XVIII una preocupación bien definida con la dimensionalidad de las grandezas y también no existían parámetros desarrollados que pudiese separar una cosa de la otra (Bassalo, 1977-3; Elkana, 1977; apud *ibid.*).

#### **4 La energía térmica unificando las ciencias**

##### **4.1 La distinción entre temperatura y calor**

Como acabamos de ver, un grande desarrollo científico ocurrió en el siglo XVIII en la mecánica. Habría la necesidad de buscar una equivalencia entre la mecánica vectorial desarrollada por Newton y por sus discípulos ingleses, y la mecánica escalar desarrollada en el continente por Euler y Lagrange y otros. Este hecho ha traído a los pensadores de la época una creciente consciencia de la importancia del análisis dimensional. Lo que llevó a los científicos de la época a tener un entendimiento más amplio del relacionamiento entre diferentes áreas de la Física, y de la propia Física con las otras ciencias (Química, Biología), que venían paralelamente siendo desarrolladas (Elkana, 1977; apud *ibid.*). Se empieza una comprensión de la necesidad de buscar relaciones entre los diferentes tipos que venían estableciéndose. En ese momento, sin embargo, nuestro propósito es comentar sobre la distinción entre temperatura y calor que venía ocurriendo.

Desde muy temprano el ser humano aprendió a convivir con el Sol y con el fuego, a partir de sus sensaciones fisiológicas térmicas de caliente y de frío por el contacto con medios materiales. En la ciencia aristotélica, el fuego era la última sustancia de la tierra y se

encontraba localizada en el espacio debajo de la luna (se observa que el fuego siempre busca las capas superiores de la atmósfera). No se logró efectuar una distinción entre el calor y la temperatura. Los primeros registros de experimentos en calorimetría, visando distinguir la temperatura del calor, fueron de 1690, con el filósofo inglés John Locke, que observó que una persona que coloca la mano en el agua caliente, va a experimentar sensaciones térmicas diferenciadas entre sus manos (Aristóteles, 1964; Bassalo, 1996; apud *ibid.*).

En 1724, el médico holandés Hermann Boerhaave ya sabía que en el cambio de calor entre dos sistemas de una misma sustancia con volúmenes diferentes, e inicialmente separadas, cuando puestas en contacto, la temperatura de equilibrio térmico era obtenida a partir de una media ponderada de las temperaturas iniciales en relación al volumen de cada una :  $T = (T_1 \cdot V_1 + T_2 \cdot V_2) / (V_1 + V_2)$ . Posteriormente, en 1747, El físico ruso Georg Richmann (muerto por una descarga eléctrica al testar un pararrayos) sustituye el volumen por la masa en la media ponderada, quedando la expresión dada por  $T = (T_1 \cdot m_1 + T_2 \cdot m_2) / (m_1 + m_2)$ . Ya que el químico Joseph Black, en 1757, mostró que la temperatura del equilibrio no siempre se ajustaba a la expresión anterior, como en la situación en que había cambiado de fase (al mezclar una misma cantidad de agua con hielo, la temperatura de equilibrio era la del hielo y no una temperatura intermedia media entre las temperaturas iniciales). Otras verificaciones en esta misma línea en la época ya habría llevado al físico sueco Samuel Klingestjerna a levantar la hipótesis de haber diferencia entre grado de termicidad (temperatura) y cantidad de calor. Esta diferencia fue resuelta por Black en 1760, verificando que en la misma temperatura un bloque de hierro aparenta más calor que en un bloque de madera de igual volumen, y concluyendo que el hierro presenta una mayor materia de calor que la madera para volúmenes o pesos iguales (mayor capacidad térmica en acumular calor). Black fue el primero a relacionar y, consecuentemente, a distinguir una capacidad de calor (Q) de su respectiva variación de temperatura ( $\Delta T$ ); sin embargo, tenía la concepción de calor como un fluido (sustancia) imponderable e indestructible, y no como energía (Bassalo, 1992; apud *ibid.*).

Sin embargo, la idea de calor como alguna forma de movimiento en el interior de la materia ya era defendida desde 1620 por los filósofos ingleses Francis Bacon y lord Verulan, y posteriormente por los físicos ingleses Robert Boyle y Robert Hook (que utilizaron la mecánica newtoniana en el desarrollo de la teoría cinética de los gases).

Pero se atribuye al físico anglo-americano Benjamín Thompson (el Conde Rumford), en 1804. Haber sido el primero investigador a demostrar experimentalmente que el calor era una consecuencia del movimiento interior (energía cinética). En aquella época, contribuciones importantes como esta, para nuestro concepto actual de calor no se difundían y no tenían aceptación tan inmediata, y, como vamos a ver un poco más adelante, así, la polémica energía o sustancia no acaba con las demostraciones de Rumford (Bassalo, 1996; Bassalo 1998; apud ibid.).

Continuando con una formulación para el calor, en 1772, el físico sueco Johan Wilcke muestra que una misma cantidad de sustancias diferentes necesita de diferentes cantidades de calor para una misma elevación de temperatura. La ecuación denominada Black-Wilcke es apuntada por  $Q = m.c.\Delta T = C.\Delta T$ ; donde  $c$  (en la actualidad, el calor específico) fue denominado de “afinidad por el calor” y  $C = m.c$  es la capacidad calorífica del objeto (en la actualidad, denominado de capacidad térmica), con  $(m)$  representando la masa del cuerpo (importante propiedad de la materia ya conceptuada por Newton, hace 100 años). Delante de los cambios de calor en el cambio del estado físico de la materia sin elevación de la temperatura, Black aún introduce, en 1761, el concepto de calor latente ( $L$ ), para justificar los cambios de calor en la fusión o solidificación ( $L_f = L_s$ ) y aún en la vaporización o en sentido contrario de la condensación ( $L_v = L_c$ ), definido por él, como:  $Q = m.L$ . Black llegó aun a verificar que el calor necesario para la vaporización era 445 veces más grande que el calor de fusión ( $L_v = 445 L_f$ ). Es oportuno observar que en la determinación del calor de vaporización Black trabajó con el ingeniero escocés James Watt, cuando llegaron a la conclusión de que, la cantidad de calor cedida por una fuente externa para provocar la expansión del vapor, era igual a la cantidad de calor recibida y utilizada para provocar la expansión (nasciendo ahí a las primeras ideas de la conservación de la energía térmica). Watt aún utilizó los resultados de estos experimentos para desarrollar el condensador de la maquina a vapor, que vino a revolucionar la utilización de nuestros primeros motores de combustión, en virtud de haber añadido su eficiencia (un evento muy importante en el sentido de despertar para la importancia del enlace entre ciencia y tecnología) (Bassalo, 1992; apud ibid.).

El calor específico instituido hasta entonces era un parámetro constante y, por esta razón, presentaba imprecisiones. Una situación que después fue cambiada por los experimentos desarrollados por el astrónomo francés Pierre-Simon (Marqués de Laplace) y por el químico francés Antoine-Laurent Lavoisier. Que en 1780 mostraron evidencias que el

calor específico dependía de la temperatura, lo que condice con nuestra concepción actual, no siendo una constante. Estos dos investigadores también se preocuparon con la naturaleza del calor (una indefinición aún existente en aquella época), una vez que, en una de sus comunicaciones con la Academia Francesa de Ciencias relatan que, los físicos en aquel momento estaban divididos cuanto a la naturaleza del calor; unos lo pensaban como un fluido que penetra en los cuerpos en cantidad que va a depender de sus temperaturas y de su disposición (la sustancia calórica); otros físicos creen que el calor no es más que el resultado de los movimientos insensibles de las moléculas que componen la materia (energía cinética).

Lavoisier por ejemplo, uno de los precursores del principio de la conservación, en una de sus publicaciones mostró estar más inclinado a la hipótesis del calor como un “corpúsculo” que denominó en 1787 de calórico. EL calórico, dependiendo de su cantidad introducida o retirada de los cuerpos, ocasionaba uno de los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) (ibid.). Por lo que acabamos de relatar, del siglo XVII, vemos que se logró efectuar una clara distinción entre calor y la temperatura. Sin embargo, el calor aún era considerado como una sustancia para unos y como “energía” para otros, un hecho que permaneció evidente, hasta la mitad del siglo siguiente, con la ley de conservación de la energía.

#### **4.2 La conservación unificando las energías.**

EL siglo XIX es sobresaliente para el desarrollo del concepto de energía y para la concepción de la idea de campo magnético y de campo eléctrico. Con la teoría termodinámica se puede integrar a través del calor (como energía) diferentes ciencias, dando partida para poder asociar fenómenos térmicos con los fenómenos electromagnéticos, mecánicos, químicos y biológicos, a través de las transformaciones de energía. Con la teoría electromagnética fue posible asociar los fenómenos eléctricos con los fenómenos magnéticos, conocer la naturaleza ondulatoria de la luz, y aún, traer con consecuencia una relación de la energía con los campos físicos. Delante de toda esta evolución la energía aún era puesta por la tradición, como una fuerza. Pero, ya era concebida como siendo algo diferente de la idea de fuerza establecida por Newton. Por su naturaleza de grandeza escalar y por su capacidad aglutinadora entre diferentes campos de estudio, pasó a constituirse como una grandeza física de las más importantes. Su papel

centralizador en la descripción del comportamiento interior y de la teoría termodinámica (Ornellas, 2006).

Las contribuciones importantes para la ley de la conservación de energía y para la unificación de diferentes formas de concepción de energía, bien como, para el propio advenimiento de la teoría termodinámica, serán presentadas a partir de este momento. Inicialmente, para mostrar el proceso histórico de la utilización del término energía, en 1803, Carnot en su estudio sobre eficiencia de las máquinas térmicas, trata de la noción de energía potencial, para la cual se da el nombre de fuerza viva virtual. Thomas Young, en 1807, utiliza el término energía en el sentido que es conocido hoy, o sea, la capacidad de realizar trabajo. A pesar de esto, la definición de trabajo como siendo el producto de la fuerza por el desplazamiento  $W = F_x \cdot X$  sólo queda establecida en 1826 por el matemático y general francés Jean Victor Poncelet. Otra contribución importante para el desarrollo del concepto y definición de energía cinética aparece en 1829, a través del físico francés Gustave Gaspar Coriolis. Él publicó, que lo importante en el movimiento de un cuerpo era la mitad de la fuerza viva, es decir:  $mv^2/2$  (haciendo una corrección en el concepto introducido por Leibniz en 1686). Sin embargo, solamente en 1862, es que Thomson (Lord Kelvin), adepto inicialmente de la teoría del calórico, utiliza el término energía cinética por primera vez para representar la energía del movimiento dentro de nuestra concepción actual (Bassalo, 1998; apud ibid.).

La comprensión de lo que era energía y de la ley de la conservación pasaba por la necesidad de relacionar el fluido calórico a la energía mecánica establecida. Esta etapa se inicia en 1832, cuando Carnot escribió una serie de apuntes donde describe nuevas experiencias con su máquina. Él compara la caída de agua de un reservorio, considerando que el agua puede volver al reservorio, si la misma es bombeada. Así la sustancia calórica a veces “caía” espontáneamente de una fuente caliente para una fuente fría, a veces “subía” de forma estimulada por la realización de trabajo. En esa línea de raciocinio quedaba una duda de cómo armonizar la conservación del calórico en ese proceso reversible, con la conservación del calórico en los procesos irreversibles (como en el caso en que la producción de calor ocurría por la existencia de fricción) (Bassalo, 1998; Elkana, 1997; apud ibid.).

Para responder a esa duda y poner en cuestión la teoría del calórico, era necesario determinarse el equivalente mecánico del calor, lo que fue realizado en 1842 por el médico alemán Julio Robert Mayer, lo que dejaba evidente, con buena aproximación, la relación del

calor con el trabajo realizado o variación de energía potencial. En 1843 el físico inglés James Prescott Joule, presentó en la reunión de la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia la primera medición del (J) relacionando el calor generado por la corriente eléctrica introducida por una inducción electromagnética con el trabajo realizado para mover la maquina generadora, quedando establecido el equivalente mecánico y el equivalente eléctrico del calor. En verdad, desde 1840 que Joule y Helmholtz confirmaron en trabajos independientes que la electricidad es una forma de energía, una vez que se relaciona con el calor. Sin embargo, medidas precisas del equivalente mecánico sólo fueron obtenidas en 1879, con el mejoramiento de los aparatos experimentales de medidas que posibilitaron al físico norte-americano Henry Augustos Rowland obtener  $J = 4,188$  joule caloría, dentro de la precisión de las medidas actuales y después de establecida la primera ley de la termodinámica (ibid.).

Las comprobaciones experimentales de Mayer y Joule abren camino (estaban a un paso), para cualquier uno de los grandes físicos que trabajaban en esa línea de investigación en aquella época, formalizar una ley general de conservación para la “energía”. EN 1847 el fisiólogo y físico alemán Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, en el célebre trabajo intitulado Ueber die Erhaltung der Krafft (sobre la conservación de la fuerza), enunció el Principio General de la conservación de la Energía (quedando después establecida como el primer principio de la termodinámica). Este principio presenta el siguiente enunciado: todo el sistema termodinámico posee, en estado de equilibrio, una variable de estado denominada de energía interior  $U$ , cuya variación  $\Delta U = Q - W$ ; donde (Q) representa calor inserido en el sistema y (W) representa el trabajo realizado por el sistema. Considerada como la primera ley de la termodinámica, establece la conservación en los procesos donde hay cambio de calor, variación de la energía interna y realización de trabajo, sin embargo no regulaba la forma y el sentido como las transformaciones energéticas podrían ocurrir en la naturaleza (ibid.).

#### **4.3 El sentido y la eficiencia de las transformaciones energéticas.**

En 1850, Rudolf Clausius presenta un principio que llegó para generalizar la forma con que los fenómenos térmicos pueden ocurrir en la naturaleza, estableciendo que en el cambio de calor entre dos sistemas termodinámicos en contacto térmico, las temperaturas diferentes, no hay ningún proceso cuyo único efecto sea el flujo espontáneo de calor de

reservatorio de temperatura menor, para el reservatorio de temperatura mayor (en la actualidad, decimos que se trata de un proceso que necesita ser estimulado por la realización de trabajo externo, como en las maquinas refrigeradoras). Lo que es espontaneo es el flujo de calor en el sentido contrario, es decir, del reservatorio caliente para el reservatorio frío, utilizado por la máquina a vapor de la época y por el motor a combustión en la actualidad. Luego en seguida, en 1851, William Thomson (El Lord Kelvin) presenta una teoría dinámica para el calor, en la que la interpretación de este segundo principio expresa que: es imposible remover energía térmica de un sistema a una determinada temperatura y convertir integralmente la energía removida en trabajo mecánico sin cambiar de alguna manera el sistema o las proximidades de este sistema (como el hecho de tener que rechazar el calor, no disponible para la realización de trabajo, para un reservatorio a temperatura menor). El sentido contrario en la naturaleza es permitido, siendo posible transformar toda la energía mecánica utilizada en un trabajo de fricción (movimiento con fricción) en energía térmica (calor). Estos dos principios, a pesar de presentados separadamente, fueron reconocidos posteriormente como equivalentes e incorporados como la segunda ley de la termodinámica (Bassalo, 1998; Tipler, 2000, apud *ibid.*).

La imposibilidad de una máquina térmica con eficiencia total (100%) llevó a pensarse en un ciclo que establezca el mejor rendimiento. La razón humana investigaba una eficiencia posible para una máquina hipotética, la eficiencia ideal reversible. Este ciclo reversible ya había sido idealizado por el ingeniero francés Sadi Carnot en 1824, antes de los enunciados de la primera y de la segunda ley. Este ciclo reversible pasa a ser incorporado al enunciado de la segunda ley para las máquinas térmicas (en que se queda caracterizado que: ninguna máquina operando entre dos reservorios de calor, un caliente y un frío, la temperatura definida, puede presentar un rendimiento más grande que el de la máquina de Carnot (que opera entre los mismos reservorios de calor). En la misma oportunidad, Thomson establece el cero absoluto de temperatura como siendo una temperatura intangible por ningún medio material en proceso de resfriamiento (tercer principio de la termodinámica) (*ibid.*). Pensar en cero absoluto de la escala Kelvin seria termodinámicamente pensar en una materia sin la existencia de ninguna energía interior de movimiento, lo que lo vuelve algo prohibitivo (lo que fue justificado posteriormente por la teoría Cuántica, llevando en consideración la cuantización de la energía del estado fundamental del electrón en la estructura atómica).

#### 4.4 El orden y el desorden en la materia relacionada con la energía.

Aún en 1865, Clausius introduce el término entropía en la termodinámica, una grandezza asociada al estado de orden y desorden de sistemas físicos termodinámicos (normalmente constituidos por una infinidad de partículas: átomos o moléculas). Se trata de una grandezza directamente asociada a la energía, ya que para los procesos isotérmicos por definición:  $\Delta S = \Delta Q/T$ , y por la segunda ley en relación a la entropía, para cualquier transformación, cualquier fenómeno verificado en la naturaleza vale siempre que  $\Delta S \geq 0$  ( $\Delta S = 0$ , se refiere a procesos reversibles). Existen muchos procesos irreversibles en la naturaleza que no van a poder ser justificados por los enunciados de Clausius y de Kelvin, de la disponibilidad del calor: la fragmentación de un vaso sobre el suelo, suelto en queda de cierta altura, es un ejemplo de esto, donde vamos a salir de un estado termodinámico más ordenado, un vaso entero localizado a una altura  $h$  (un estado de entropía menor o de energía potencial gravitacional disponible para realización de trabajo,  $m \cdot g \cdot h$ ), para un estado menos ordenado, el vaso fragmentado sobre el suelo (mayor entropía), la energía potencial transformada en energía térmica en el vaso y cerca del suelo donde ocurrió la colisión ( $\Delta S = m \cdot g \cdot h/T$ ; con  $T$  siendo la temperatura ambiente del local donde se encontraba el vaso). Después del vaso roto, la energía utilizada no más disponible para la realización de trabajo delante de la irreversibilidad del proceso), justificando en la segunda ley, por el aumento de entropía ( $\Delta S > 0$ ) (ibid.).

La entropía es una función termodinámica asociada al estado de orden o desorden de un sistema termodinámico, cuya variación regula las formas de viabilizar las transformaciones de energía, lo que consecuentemente se va a caracterizar a la cualidad de las energías involucradas en el proceso (energía limpia o energía degradada). En los procesos termodinámicos irreversibles la entropía del universo siempre aumenta. Lo que causa el pasaje de la energía de un estado de mayor orden para un estado de menor orden o desorden energética. La energía potencial eléctrica, por ejemplo, almacenada en sustancias químicas como los combustibles, presenta una entropía bien menor de que, los productos resultantes del proceso de combustión (la energía calorífica de los gases resultantes). La entropía es la función de estado que va a caracterizar a este comportamiento en los sistemas. Por ejemplo, considerando cierta cantidad de sustancia, aislada térmicamente que presenta una energía interior (de conexión química entre átomos y moléculas y más la de efecto térmico), de acuerdo con el efecto que predomine (conexión química o térmica), se va a caracterizar en un estado físico sólido, líquido o gaseoso para sustancia. En esta secuencia,

podremos afirmar que, salimos de un estado sólido de mayor orden para un estado gaseoso de menor orden o mayor desorden en esta sustancia, es decir, salimos de una situación de menor entropía (mayor acuerdo interior) para una situación de mayor entropía (menor acuerdo interior) (Brady et al, 2002; apud ibid.).

## **5 La energía electromagnética: algo reciente.**

### **5.1 La electricidad generando energía independiente del magnetismo.**

El fenómeno de interacción magnética ya era conocido, indagado y motivo de curiosidad desde los tiempos de Tales de Mileto en el año de 580 a. C. El desarrollo de la brújula por los chinos, a pesar de tener anticipado las grandes navegaciones, los polos magnéticos de la tierra atribuidos a Gerardus Mercator, fecha de 1546. Las propiedades magnéticas de la tierra sólo empiezan a ser justificadas por la Física Clásica a partir de Ampère en siglo XVIII, y nuestra concepción actual es de la fecha del siglo XX, con el advenimiento de la mecánica cuántica. Cuanto a los fenómenos de la naturaleza eléctrica, los primeros experimentos tienen origen en Grecia, en la edad Antigua. Surgen con la electrificación por fricción del ámbar, denominado en griego de “electrón” por su capacidad de electrificación (siendo un material aún hoy utilizado para hacer adornos como collares). Otro registro de la experiencia de los griegos con el ámbar es mostrado en siglo XVI, con Gilbert que denominó de eléctrica toda sustancia que se comportaba como el ámbar, una vez que, también verificó si es posible electrizar otros materiales. Sin embargo, una definición relativa a la observación del fenómeno de atracción y repulsión eléctrica es atribuida a Cabaeus solamente en 1630 y, por vuelta de 1660, Otto de Guericke construyó la primera máquina electrificadora, cuando también quedó evidenciada la naturaleza atractiva y repulsiva de la electricidad (Bassalo, 1996; apud ibid.).

Máquinas electrostáticas son generadoras que, a partir del trabajo mecánico (energía mecánica primaria), electrizan por atrito y aún por fricción e inducción electrostática, para producir una electricidad estática (energía eléctrica) con un alto potencial eléctrico. Sin embargo, a pesar de su elevado potencial eléctrico estos generadores muestran una pequeña eficiencia, si es necesario efectúa la reposición de carga eléctrica. Las máquinas de fricción, como es el caso de la máquina de Guericke, fueron las primeras máquinas desarrolladas para la generación de electricidad en cantidad significativa. Las máquinas de fricción apenas

realizan, de forma más práctica, generalmente por rotación de un aislador friccionado con un material adecuado, una forma de electrización ya conocida desde la antigüedad, cuando algunos materiales aislantes eran friccionalados entre sí. En 1776. Alessandro Volta inventa un importante instrumento para las investigaciones en esta área, el “electróforo”. Que consistía en una placa aislante electrizada por fricción, para en seguida electrizar con sentido contrario por contacto, una placa metálica con bordas redondeadas soportadas por un cabo aislante. Con la distancia entre las placas, se provocaba un aumento de tensión, donde pequeñas chispas podrían ser observadas entre las placas metálicas (cuando se puede observar a partir de ahí otras posibilidades de electrización). Se verificaba que el proceso de electrización podría ser repetido mientras la placa aislante estuviese electrizada. Se verificaba también que, el proceso en la placa metálica del electróforo podría ocurrir por un fenómeno de inducción de la placa aislante electrizadas, sin la necesidad de contacto, a partir de la existencia de un aterramiento. Este proceso de generación de electricidad por inducción, que no se quedaba restricto apenas a la fricción, con el invento del electróforo, se desató el desarrollo de las “máquinas de influencia”. Con el tiempo, estas máquinas de influencia fueron siendo perfeccionadas y quedando más potentes (a pesar de que para fines prácticos de reposición de carga y manutención de corrientes en circuitos eléctricos esas máquinas continuaban a mantenerse poco eficientes). Sin embargo, en este periodo, en siglo XIX, ya eran conocidas formas más eficientes de generación de electricidad para alimentar circuitos con una alta corriente eléctrica y un bajo potencial eléctrico (eran lo generadores electroquímicos). En la época, generadores más eficientes eran una necesidad emergente para el desarrollo de la Química, con relación a estudios de la electrólisis y de “circuitos galvánicos” (Bassalo, 1996; atkins, 2001; Brady et al, 2002; Queiroz, 2004; apud ibid).

Prácticamente toda la investigación inicial sobre electricidad iniciada en los siglos XVII se debe a estas primeras fuentes de energía eléctrica por fricción, que sirvieron principalmente para estudios y desarrollo de la teoría electrostática. Al fin del siglo XIX, aún existió un breve período de aplicaciones médicas en electroterapia con estas máquinas siendo usadas como fuentes de alimentaciones para producción de rayos X. Sin embargo, podremos afirmar que, la Era de las Máquinas Electroestáticas de discos llegó al fin, por lo menos para la investigación científica, con el desarrollo del generador de Van Graaff, que inicialmente tuvo su proyecto descrito en 1931. Que llevó a una enorme máquina construida por Van Graff en 1934 (que se encuentra en exposición en el Museo de Ciencias de Boston). Esta máquina fue muy utilizada en investigaciones en el área de Física de Altas Energías en el siglo pasado, más aún hoy son muy comunes en los laboratorios de

enseñanza y como pieza de exposición para mostrar los fenómenos electrostáticos, en los museos y centros de ciencias. Un “Van Graff” consiste básicamente en una correa aislante que se electriza en su movimiento por atrito y transporta esta carga hasta las proximidades del interior de la cúpula esférica del generador que es mantenida aislada. La presencia de la correa electrizada en las proximidades de la cúpula causa una separación de carga por el fenómeno de inducción. El proceso final de la electrización de la cúpula ocurre de una descarga corona entre puntas conductoras conectadas con la parte interna de la cúpula y la correa electrizada que pasa en movimiento. Esta máquina electrostática de última generación produce tensiones muy altas en su cúpula, de la orden de grandeza de  $10^5$  volts, en virtud de la alta concentración de carga que ahí se establece.

Los generadores electrostáticos traen subsidios para que, los fenómenos eléctricos, aparezcan para estudio de una forma más definida, a partir del siglo XVIII, teniendo como principales advenimientos: 1) La identificación de dos especies de electricidad: la positiva y la negativa, atribuida a Du Fay; 2) la idea de tensión, inicialmente asociada a la electricidad estática, fue introducida por Benjamín Franklin entre 1747 y 1748, con la finalidad de justificar el funcionamiento de la botella de Leiden (acumulador electrostático de carga); él aún estableció que toda electrificación representa la separación de las dos formas de electricidad (induciendo así el concepto de materia eléctricamente neutra por contener igualmente las dos naturalezas de electricidad); 3) la electricidad en animales, que es de la fecha de 1771; 4) el condensador eléctrico (acumulador de carga) de Alexandre Volta que es de la fecha de 1775; 5) las leyes de electrización de la materia por ficción, solamente atribuidas a Coulomb que datan de 1779; 6) la ley de Coulomb, que rige la interacción entre cargas eléctricas [la fuerza electrostática (F) es directamente proporcional al producto de las cargas que interactúan ( $q_1$  e  $q_2$ ) e inversamente proporcional al inverso del cuadrado de la distancia que las separan (d):  $F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / d^2$ ], data de 1785, mostrando formalmente la manera con que las electricidades se influncian; 7) el término potencial eléctrico (V), que fue utilizado por Laplace en 1784, cuando divulgaba su trabajo sobre un operador diferencial matemático denominado en la actualidad de operador laplaciano (el término tensión, asociado posteriormente a la diferencia de potencial eléctrico, ya se había establecido anteriormente) (Bassalo, 1992; Queiroz, 2004 apud ibid.).

Delante de todas estas contribuciones para la electricidad, un punto aún se mantenía desconocido cuanto a la naturaleza de la electrificación de los cuerpos. ¿Sería una propiedad de la materia o habría una electricidad pura (una “sustancia” o inclusive una

“partícula” que sería compuesta de determinados medios materiales)? En la época, relativo a la teoría del calor, aún existía una creencia del calor como una sustancia, el calórico, y no como una propiedad de la materia (energía térmica). Sin embargo, de la misma manera como ocurrió sobre una definición de la realidad sobre el calor (energía térmica transmitida, intercambiada, o transferida), con relación a la electrización, la asociación de ideas delante de lo que los experimentos apuntaban ser la electricidad un flujo de partículas, una electricidad pura negativa contenida en la materia. Una idea que se quedó evidenciada a partir de los experimentos de Crookes por vuelta de 1870. En estos experimentos se observaron las descargas eléctricas fluorescentes (los rayos catódicos), producidas en el cátodo electrizado contenido en ampollas de vidrio en atmosfera evacuada. Sin embargo, la propuesta de la hipótesis de la existencia de una “unidad natural de electricidad” aparece en 1874, con Stoney, que sugirió el nombre “*electrones*” para estas unidades naturales cuantificadas de electricidad. Con base en las informaciones de los trabajos en electrólisis ya desenvueltos por Faraday, le tocó a Stoney determinar un valor, que era (1/16) del valor de la carga actual. Observen que todos estos hechos especulativos ocurren antes de conocerse el modelo de nuestra estructura atómica en vigor iniciada por Bohr en 1913, considerado el primero paso revolucionario para la construcción de la mecánica cuántica (Bassalo, 1990, apud ibid.).

En los experimentos de electrolisis, se observó que la acción química de una corriente eléctrica (electricidad en una solución y la masa de la sustancia depositada en el electrodo por pasaje de electricidad ), implicaba la necesidad de la existencia de una unidad elemental de la carga, en la oportunidad, no confirmada por Faraday, y ni posteriormente por Maxwell (que dudó en aceptar tal idea, por no saber cómo llevarla para justificar la conducción en los metales, sólo descubierta en el siglo siguiente con el desarrollo de la mecánica cuántica). En 1876, en las mismas ampollas, fueron descubiertos por Goldstein los “rayos canales” que atravesaban los orificios canales pertenecientes al cátodo. Las partículas de los rayos canales presentaban una masa muy superior a la masa de la electricidad pura, los rayos catódicos (alrededor de 1840 veces mayor que la de los “*electrones*”). Sin embargo, apenas recientemente en 1909, un poco después de la cuantización de la energía por Einstein en 1905, es que con el experimento de Milikan de las gotas de aceite, se consiguió una mayor evidencia de la naturaleza cuantizada de la carga eléctrica en el átomo (relativa al electrón y al protón) y también determinar la carga elemental del electrón acepta en los días actuales: ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ) (Bassalo, 1990 y 1999; apud ibid.).

Sin embargo, es solamente a partir de los experimentos de Rutheford y del modelo atómico de Bohr en 1913, que vamos a llegar a nuestra concepción atómica actual, y a poder, a partir de ahí, afirmar que un cuerpo se electriza por salida (ionización positiva) o entrada (ionización negativa) de electrones en los átomos, que en situación normal se encuentran eléctricamente neutros en la composición de la materia. Estos hechos históricos presentados hasta aquí, buscaron mostrar un proceso evolutivo del origen de la electricidad, de cierto modo, en separado de la ciencia del magnetismo. En verdad, la ocupación del electrón en un nivel de energía atómico sólo puede ser justificada llevándose en consideración la propiedad magnética del spin electrónico asociado al principio de exclusión del físico austriaco Wolfgang Pauli, enunciado en 1925 (Bassalo, 1990; apud *ibid.*).

Como punto de partida para la electrodinámica, los primeros relatos sobre los movimientos de carga eléctrica son de la fecha de 1786 y son atribuidos a Luigi Galvani. No obstante, solamente en el siglo siguiente es que la teoría electromagnética empieza a ser formada con la unión de los fenómenos eléctricos a los fenómenos magnéticos. Sin embargo, sabemos hoy que esta unión dependía del desarrollo de las primeras fuentes de energía eléctrica con electricidad dinámica suficiente para producir altas tasas de electrización. Lo que iría a atender la producción de elevadas corrientes (como las utilizadas en los circuitos actuales). Para que, a partir de ahí, ser posible que la naturaleza muestre la conexión existente entre la electricidad y el magnetismo. Fue utilizando un proceso electroquímico (con la producción de electricidad en dos placas metálicas de material diferente, a partir de reacciones químicas de oxi-reducción de las mismas con sustancias acidas), que los generadores de electricidad (las baterías eléctricas), ganaron funcionalidad para accionar circuitos para atender diferentes finalidades prácticas. La primera batería eléctrica fue presentada en 1801 en Francia al emperador Napoleón Bonaparte por Alexandre Volta, lo que le valió título y prestigio en el imperio napoleónico (Brady et al, 2002; apud *ibid.*).

Empezaremos esta relación entre la batería y la producción de corriente con elevada intensidad por Wollaston que, inicialmente con finalidades químicas a partir de 1803, consiguió aislar por electrólisis algunos elementos químicos como el paladio, el radio, entre otros elementos que fueron aislados posteriormente. Siendo atribuido a Wollaston de ser el primer científico a observar la producción de corriente eléctrica en medios conductores utilizando las baterías electroquímicas. Amperè, en 1820, efectúa una separación en sus

estudios de electricidad: introduciendo el término *electrostática* para caracterizar el fenómeno producido por la carga eléctrica en reposo e introduce el término *electrodinámica*, para el estudio del comportamiento de la carga eléctrica en movimiento. Para él se podría distinguir la tensión eléctrica (de Franklin), responsable por fenómenos electrostáticos, de la corriente eléctrica que provoca efectos magnéticos, ya detectados por Oersted, como veremos más adelante y que hacían parte del programa de investigación de Ampère (ibid.).

En ese contexto, la electroquímica pasa a constituirse en un ramo de la química que utiliza reacciones químicas espontáneas para producir electricidad. Más una vez, la historia del desarrollo científico mostraba los lazos de entrelazamiento entre el conocimiento de interés de la Física con la Química (delante de la impulsión que los generadores de energía eléctrica, formados por una composición de células galvánicas, trajeron para la electrodinámica). La electroquímica se basa en la transferencia de electrones de cierto elemento o sustancia química para otro a través de reacciones químicas. Sin embargo, la electroquímica no apenas genera electricidad, pero, también, la usa para forzar la ocurrencia de reacciones químicas no espontáneas (lo que fue utilizado para descubierta de muchos elementos químicos a partir de la descomposición de sustancias químicas a través de la técnica de electrolisis). Los procedimientos técnicos de la electroquímica son usados hoy en día para monitorear la concentración de iones como es el caso de la determinación del pH de diferentes soluciones y de la actividad eléctrica del cerebro y del corazón. De este modo la electroquímica es un ramo de la química que estudia la conversión de energía química en energía eléctrica, y vice-versa (Atkins, 2001).

En química las ecuaciones de reacción redox son responsables por la descripción de la semi-reacción de reducción que ocurre con ganancia de electrones y la de oxidación que ocurre con pérdida de electrones. Una semi-reacción es una manera conceptual de tratar tanto de una oxidación cuanto de una reducción. Sin embargo, las dos semi-reacciones concomitantes (reducción y oxidación), contribuyen para formar una reacción redox completa (esa combinación requiere un equilibrio energético para atender la ley de conservación de energía). Una célula galvánica es constituida de dos electrodos de materiales conductores diferentes (el término electrodo fue introducido en 1834 por Michel Faraday). En las primeras baterías eléctricas producidas, como la de Daniel, los electrodos utilizados eran de zinc que se oxidan por perder electrones y de cobre que se reduce por ganar electrones. Así por una propiedad electroquímica, los electrodos inicialmente

eléctricamente neutros, se electrizan al reaccionar con el electrolito (una sustancia acida en estado líquido o pastoso), lo que va a generar un potencial eléctrico diferenciado de naturaleza positiva (en el electrodo que pierde electrones para el electrolito) y de naturaleza negativa (en el electrodo que recibe electrones del electrolito). Lo que va a establecer una diferencia de potencial y capacitar la celular como una fuente de energía eléctrica. Existe un potencial patrón para cada tipo de electrodo constituyente de una célula que se encuentra relacionada a la diferencia de capacidad reactiva (potencial eléctrico) de este material con relación al electrodo patrón de hidrógeno ( $H_2$ ), que por convención presenta un potencial eléctrico nulo. Para efecto de ilustración el potencial estándar del zinc,  $V_{Zn} = -0,76$  volts y para el cobre,  $V_{Cu} = 0,34$  volts. Con el tiempo la capacidad reactiva de cada electrodo va siendo reducida, una vez que existe una tendencia de llegar al equilibrio químico (cuando la diferencia de potencial en la célula va a ser nula). Lo que ocurre por un desgaste natural (saturación) de los reactivos involucrados (ibid.).

El potencial de la célula se encontraba directamente relacionado al trabajo máximo no expansivo, que es igual a la energía de reacción, dado por el producto de la carga eléctrica por la diferencia de potencial. Este trabajo o energía libre en la verdad, corresponde a una variación de la energía potencial eléctrica ( $W = -q \cdot \Delta V$ ). Con la carga eléctrica por mol envuelta correspondiendo a la constante de Faraday ( $F = 9,65 \cdot 10^4$  C.mol), y con la carga total para cierta número de moles ( $n$ ), siendo dada por,  $q = n \cdot F$ . A pesar de que en la electroquímica la reacción para transformar energía química en energía eléctrica es espontánea, por la 2ª ley de la Termodinámica, esta transformación energética no puede ocurrir como siendo el único efecto (es decir, no puede presentar una eficiencia de 100%). Por esta razón, la energía química liberada necesita ser mayor que el trabajo realizado externamente para mover una carga (producir corriente, establecer energía eléctrica) en un circuito. Así cuando el generador electroquímico se encuentra en funcionamiento el mismo necesita internamente calentarse, es decir, liberar calor. Aunque, las reacciones electroquímicas sean bien más eficientes que las reacciones de combustión, el fenómeno electroquímico en la célula, inclusive presentando una eficiencia alta necesita ocurrir con liberación de calor (ibid.).

Con la evolución de los generadores electroquímicos (que utilizan la energía química primaria presente en reacciones químicas adecuadas a generación de electricidad dinámica, energía secundaria), se desarrollan las primeras baterías a seco, atribuidas al químico francés Charles Desormes (un trabajo que fue divulgado en la misma época de la

batería de Volta), sólo que esta pila consistía de discos metálicos separados por una pasta salina (en lugar de una solución ácida en estado líquido). En 1830 Sturgeon inventó una pila de vida más larga utilizando la amalgamación (mezclando mercurio a la placa de zinc de las pilas voltaicas) y en 1836 John Daniell añadió a la vida media de las pilas voltaicas, separando con una membrana sus elementos de cobre y zinc. Es importante observar que la mejora de pilas más eficientes y perdurables, como las de níquel-cadmio, continua en los días actuales, siendo que las pilas y las baterías consideradas hoy en día nuestra principal fuente de energía eléctrica móvil (Brady et al, 2002; apud ibid.).

A partir de los generadores electroquímicos se inician programas específicos para el desarrollo de la teoría de circuitos. Como la del alemán Georg Ohm en 1825, que realizó una serie de experimentos con una batería, sucesión de pilas voltaicas conectadas sucesivamente a diferentes hilos conductores metálicos, de longitud y sección de recta diferentes. Constituían lo que denominó de “circuitos galvánicos”. Su objetivo era medir la cantidad de electricidad que pasaba en la sección recta de cada conductor en función de un tiempo de observación definido, lo que denominó de corriente eléctrica ( $I$ ). Para efectuar esta medida, Ohm utilizó un resorte de torsión asociada al galvanómetro desarrollado por Ampère, con una calibración tal que la fuerza de torsión en el puntero indicador fuese proporcional a la intensidad de corriente (un amperímetro de escala lineal). Ohm observó que cuanto mayor la longitud del conductor había una “pérdida de fuerza”, un parámetro que fue definido por él como siendo la relación  $(I - I_0) / I_0$ , donde  $I$  representaba la intensidad de corriente medida para los hilos más largos y  $I_0$  es la intensidad de corriente para el hilo de menor longitud, utilizado como referencia. De esta forma, la pérdida de fuerza (que en la concepción actual denominaríamos de reducción del potencial eléctrico) era expresa por el desvío relativo de reducción de corriente en relación a la mayor corriente de referencia utilizada ( $I_0$ ). Había dificultades experimentales en esta investigación por una reducción en la “pérdida de fuerza” ocasionada por una posible reducción en la concentración salina de la batería. Fue sugerido a Ohm hacer de nuevo su experimento con una pila más estable para verificar mejor este efecto. En la divulgación de los resultados, él utiliza el término fuerza electromotriz ( $\epsilon$ ), relacionando la resistencia eléctrica ( $R$ ), y la corriente eléctrica ( $I$ ), estableciendo por definición que:  $\epsilon = R \cdot I$ , formalmente (acostumbramos utilizar en la actualidad un término alternativo: diferencia de potencial,  $V$ , introduciendo por el matemático Georg Green en 1828), (Bassalo, 1990; apud ibid.).

En 1837, el físico francés Claude Pouillet repitió las experiencias Ohm obteniendo los mismos resultados, más con una contribución adicional que llevaba en consideración la resistencia interna ( $R$ ) de los generadores, obteniendo la relación de Ohm-Pouillet:  $I = \varepsilon / (R + r)$ . Otra importante contribución viene a través del físico alemán Gustav Kirchhoff, entre 1845 y 1847, realizó una serie de experiencias con redes eléctricas (era un conjunto de mallas planas y mallas tridimensionales asociadas en serie) en paralelo (que configuraba una asociación mixta de componentes en el circuito). En estas experiencias, él utiliza la ley de conservación de la carga y de la conservación de la energía para obtener lo que denominó de ley de las mallas y ley de los nodos. Verificó que en un nodo la cantidad de corriente que entra por los varios ramos del circuito es igual a la cantidad que sale del nodo por los otros ramos asociados. Con respecto a una malla del circuito, compuesto de baterías y resistencias, fue registrado que la suma de las fuerzas electromotrices de las baterías es igual a la suma de las caídas de potencial o voltaje en la resistencia (la misma terminología usada en la actualidad) (ibid.). A partir de ahí los fundamentos de la teoría de circuitos eléctricos resistivos se encontraban establecidos para atender la electrotécnica.

## **5.2 El magnetismo asociado a la electricidad y produciendo energía eléctrica.**

En 1807 el físico dinamarqués Oersted empieza experiencias con la finalidad de buscar relaciones entre la electricidad y el magnetismo. Sin embargo, solamente en el período entre 1819 y 1820, ministrando un curso en la universidad de Copenhague, envolviendo electricidad, galvanismo (circuitos) y magnetismo, vistos como teorías en separado, es que utilizando una aguja magnética dispuesta perpendicularmente a un hilo conductor de un circuito galvánico, nada observó en la disposición de la aguja, sin embargo, disponiéndola paralelamente al hilo, ella era desviada de su alineamiento original, mostrando haber una interacción con el hilo. Este hecho fue al conocimiento del físico y químico inglés Michel Faraday. Oersted comunica sus resultados sobre los efectos magnéticos de la corriente a la Academia Francesa de ciencias en 1820, y en los Anales de Filosofía, n. 16, muestra haber analizado, aún cualitativamente, que la ley de acción y reacción de Newton continua válida en la interacción de un hilo con corriente y un imán. No obstante, fue solamente en 1823 que Oersted vino a confirmar la circularidad del magnetismo en vuelta del hilo (ibid.).

Ampère, en 1820, también efectúa sus experiencias sobre el efecto magnético de la corriente y también observa la circularidad del magnetismo en vuelta de un hilo con corriente. En la oportunidad, observó que el producto del campo magnético ( $B$ ) por la circularidad ( $2\pi r$ ) era proporcional a la corriente eléctrica (en la actualidad es denominada ley de Ampère-Oersted:  $B(2\pi r) = \mu_0 I$ ; con ( $\mu_0$ ) siendo la permeabilidad magnética del medio. Ampère percibe que, la tensión eléctrica responsable por fenómenos electrostáticos no provoca los efectos magnéticos de la corriente observados por Oersted. Él observa la existencia de fuerza entre hilos paralelos con corriente (atractiva, si las corrientes se encuentran en el mismo sentido y repulsiva, si en sentidos contrarios). Él también, en esta oportunidad, estudia el comportamiento de una bobina de hilo conductor de forma circular (la que denominó de solenoide) afirmando que, en la presencia de la corriente ocurren efectos magnéticos semejantes a los verificados en las barras imantadas (ibid.).

En 1822, Ampère se preocupó con el origen del magnetismo natural de la materia, presentando la idea de que el magnetismo intrínseco tenía como origen una sustancia magnética que presentaba en su interior pequeños círculos (espiras) de corriente (denominadas posteriormente de corriente amperianas). Buscó resaltar inclusive que, las sustancias no magnéticas tenían estas espiras dispuestas aleatoriamente (ibid.). En este período de la evolución de la Física estábamos muy lejos de conocer las propiedades magnéticas de la materia, una vez que, aún iniciábamos un proceso de conocimiento de la estructura atómica (con la distinción por Avogadro entre átomos y moléculas), y estábamos muy lejos de conocer la propiedad de spin de las partículas elementales y las propiedades paramagnéticas y ferro-magnéticas de la materia. Algo que sólo será fundamentado por la mecánica Cuántica, un hecho que se dio recientemente en el siglo XX (Ornellas, 2006).

Otro registro importante surge en 1820 a través de los físicos franceses Jean Biot y Félix Savart, que comunican a la Academia Francesa de Ciencias que la intensidad del campo magnético es producida por una corriente eléctrica (hilo limitado de corriente) proporcional al inverso de la distancia (que fue posteriormente corregida para el inverso del cuadrado de la distancia). En la misma época otros investigadores repitieron y se confirmó esta primera conexión entre la electricidad y el magnetismo, y algunas aplicaciones importantes en esta área para el futuro de ciencia y tecnología empezaron a surgir en 1831, con la construcción del electroimán en la universidad de Yale. Desarrollado por el físico norte-americano Joseph Henry, el electroimán conseguía levantar una carga de una tonelada (lo que dio el origen al guindaste magnético, al relé, entre otros tipos de incrustación

electromagnéticos). En este mismo año. Henry descubre el principio de funcionamiento del motor eléctrico (que convierte energía eléctrica en mecánica), a partir de la fuerza magnética, en una bobina girante con corriente, producida por un imán situado en las proximidades. Henry llegó a empezar experiencias en que observó el fenómeno de la inducción magnética (fenómeno que provocaba el sentido contrario de lo observado por Oersted-Ampère, es decir, obtener electricidad a partir del magnetismo), hecho que la academia de ciencia, posteriormente, atribuido apenas al físico y químico inglés Michel Faraday, en razón de haber sido el primero a efectuar la divulgación de este importante fenómeno en 1831 (Bassalo, 1992; apud ibid.).

Cuando empezó a trabajar con las corrientes eléctricas de la Física, Faraday tuvo la oportunidad de conocer los trabajos en electrostática de Coulomb y los efectos magnéticos de la corriente de Oersted-Ampère, observando que no había sido investigado el sentido inverso. Este acto de racionalidad lo llevó a la iniciativa de intentar mostrar la electricidad a partir del magnetismo. Faraday comprobó su idea al observar que, el desplazamiento de un imán en las proximidades de un hilo producía corriente eléctrica. Observó aún que una corriente variable pasando por una bobina provocaba el apareamiento de una corriente transitoria en otra bobina. A estos fenómenos Faraday denominó de inducción magnética. En este mismo año Faraday inventó el primer generador (que vendría a constituirse en nuestra principal forma de generar energía eléctrica en grande cantidad en los días actuales). En la época era una pequeña máquina que convertía “fuerza mecánica” (energía mecánica) en “fuerza eléctrica” (energía eléctrica) utilizando el fenómeno recién-descubierto de la inducción magnética. En verdad, Faraday ya había registrado anteriormente, en publicación datada de 1821, que en experimentos realizados había convertido fuerza mecánica en fuerza eléctrica (ibid.). En este período en que ocurría la revolución industrial, ya se mostraba inminente y era cada vez mas reforzada la idea de necesidad de la aplicación del conocimiento científico para fines tecnológicos (nacía efectivamente la técnica-ciencia).

En 1838 Faraday retomó experiencia realizadas con limaduras de hierro próximas de los imanes para que, en función de la configuración asumida, visualizar una grandeza que idealizó y denominó de líneas de fuerza. El hecho de que esas líneas lleguen a ocupar todo el espacio en vuelta del imán hizo que Faraday piense en ellas como un campo de fuerzas, una grandeza que en su propagación en el espacio necesita tener una característica vectorial, que denominó de campo magnético ( $B$ ) en 1845. Necesitó establecer la idea de un flujo ( $\Phi$ ) para este campo de fuerza como  $\Phi_B = B.A$  [producto del campo magnético ( $B$ )

por el área frontal ( $A$ ) en que se considera el flujo]. En este flujo estático no generaba electricidad (lo que corresponde a una situación de un imán parado próximo frontalmente al núcleo de una bobina). Necesitando así se establecer una variación de este flujo ( $\Delta\Phi_B$ ) en función del tiempo ( $\Delta t$ ) para producir fuerza electromotriz ( $\epsilon$ ). La expresión formal de la ley de Faraday es:  $\epsilon = \Delta\Phi_B/\Delta t$ . Esa es la forma más eficaz en larga escala que nosotros, seres humanos, aprendemos a desarrollar tecnología para generar energía eléctrica y conseguir llegar a los medios de producción y desarrollo que llegamos (Bassalo, 1992; Tipler, 2000; apud ibid.).

Faraday nació en una familia pobre. En aquella época la ciencia era algo de divulgación restringida, para quien pertenecía a las academias de ciencias y a sus alumnos, normalmente de familia noble o burguesa. Él no tendría así la oportunidad que tuvo de entrar en contacto con el conocimiento científico si no fuese el hecho de haber trabajado en una gráfica como encuadernador de libros. Su grande oportunidad vino después de haber asistido a algunas conferencias del químico Humpry Davy, cuando buscó transcribir algunas de sus ideas, encuadernándolas y enviándolas al conferencista, juntamente con una solicitud de empleo, pasando así a ser asistente de Humpry en su laboratorio. Con su tamaño capacidad consiguió en laboratorio, aislar el benceno y descubrir dos nuevos cloruros de carbono, en el inicio de su carrera. Uno de sus mayores hechos de Faraday en química, con base en los trabajos de electrodeposición en metales que venían efectuados por Humpry, fue establecer las leyes de la electrólisis, que fueron divulgadas en 1857 (Bassalo, 1992; apud ibid.).

Sin embargo, la mayor contribución dejada por Faraday es relativa a su ley de inducción electromagnética (una de las cuatro ecuaciones de la teoría electromagnética). Que vino a dar origen a la ciencia de la electrotécnica, y que debe ser considerada una de las mayores descubiertas científicas en contribución para el desarrollo de la humanidad en los tiempos modernos y contemporáneos. Un hecho que podremos considerar aparentemente simples en la actualidad, al establecerse la generación de electricidad inducida en una bobina (un carretel de hilo de cobre) a partir de magnetismo dinámico establecido en las proximidades (el movimiento del imán relativo al núcleo de la bobina). Sin embargo falta algo para complementar esta ley que justificase la generación de electricidad en cumplimiento la ley de conservación de energía, una vez que la ley de Faraday no trataba de las relaciones de transformación de energía. La tradición que aún vigoraba en aquella época era de que una grandeza generada que producía una acción de mover, podría ser

denominada “fuerza motriz” (eletromotriz), ya caracterizada en los circuitos galvánicos con pilas (Ornellas, 2006).

No obstante, sabemos hoy que Heinrich Lenz, físico de origen germano-ruso, en 1833, antes de Faraday, efectuó la complementación necesaria por justificar el efecto contrario que justificaba el movimiento forzado del imán en relación a la bobina (es decir, justificaba la necesidad de una fuerza electromotriz para dislocar el imán relativo al núcleo de la bobina y consecuentemente realizar trabajo mecánico). Ese hecho fue comunicado a la academia de ciencias de São Petersburgo en un trabajo. en que en síntesis, era comunicado lo siguiente: la corriente de autoinducción ya observada por Henry en 1832 presenta un sentido contrario a la corriente que la creó, lo que significa decir que los efectos de una corriente inducida por una fuerza electromotriz siempre se oponen a la fuerza electromotriz que indujo este efecto. En razón de estas dos contribuciones para la inducción electromagnética es que pasamos a denominar de ley de Faraday- Lenz (Bassalo, 1992; apud *ibid.*).

El fenómeno de efecto contrario (Ley de Lenz) impone, para mantenerlo, la necesidad de realización de un trabajo externo (fuerza multiplicada por el desplazamiento), lo que expresa la necesidad de transformar parte de la energía mecánica (la fuente de energía primaria del fenómeno de inducción), en energía electromagnética (energía secundaria o energía útil), este proceso de transformación de energía constituyó en la fuente predominante de producir electricidad para consumo en el día-a-día. Así, el efecto contrario se verifica porque no podemos mover un imán libremente, sin ningún esfuerzo, próximo al núcleo de una bobina en circuito cerrado y producir energía eléctrica, sin haber una transformación de energía (en cumplimiento al primero principio de la termodinámica: el de la conservación de la energía) (Ornellas, 2006).

A su vez, la energía mecánica primaria no puede ser transformada en energía eléctrica como único efecto (esto está previsto en el segundo principio de la termodinámica: en que es exigido una causa eficiente, que establece que la energía útil sea siempre menor que la energía que le dio origen, debiendo con esto aparecer otras formas de energía en el proceso, en razón de esa transformación, para atender al principio de la conservación) (*ibid.*).

### 5.3 Las olas electromagnéticas transmitiendo energía.

Se atribuye a Faraday, ser el primer físico a introducir la idea de campo en la Física, cuando demostró que una luz plano-polarizada sometida a un campo magnético muy intenso que había causado la orientación de su plano de polarización, (efecto Faraday), lo que permitía indagaciones sobre la naturaleza electromagnética de la luz. Faraday también observó que los cuerpos reaccionan al campo que permitía indagaciones sobre la naturaleza electromagnética de la luz. Faraday también observó que los cuerpos reaccionan al campo magnético de forma diferenciada. Caracterizando los materiales que conducen bien el magnetismo de paramagnéticos y los que conducen mal de diamagnéticos (como el antimonio y el bismuto). Sabemos en la actualidad que Faraday, no obstante, no tenía los conocimientos matemáticos necesarios para establecer la relación entre los campos eléctricos y magnéticos, quedando para el físico y matemático escocés James Clerk Maxwell no solamente esta función, pero toda una tarea de desenvolver la teoría que unificaba el electromagnetismo y asociaba la naturaleza ondulatoria de la luz a la transmisión de un campo eléctrico y de un campo magnético relacionado. En 1865, Maxwell presentó en el *Philosophical Magazine* 29, su trabajo más importante, en que demuestra que la luz es una onda electromagnética que (Bassalo, 1992; apud *ibid.*).

El campo eléctrico y el magnético son creados para justificar la acción a la distancia de una carga eléctrica en reposo y en movimiento (corriente eléctrica), que pueden transmitirse en el espacio de forma independiente (como los campos electro y magneto estáticos en el vacío o en medios materiales); y como campos dinámicos interdependientes, como en el caso de los campos oscilantes asociados a las ondas electromagnéticas. Son grandezas estrictamente teóricas, una vez que sólo pueden ser observadas directamente por el hecho de la fuerza de acción a la distancia, y en su interacción con la carga eléctrica estática o en movimiento (corriente eléctrica). Por generar interacción y provocar desplazamiento de la carga eléctrica, estos campos son grandezas con capacidad de realizar trabajo mecánico y consecuentemente efectuar transformaciones energéticas. Delante de estas concepciones se puede efectuar la asociación de estos campos con la energía, y más aún, una vez que los campos físicos transmitidos en forma de onda, por los fundamentos traídos de la mecánica ondulatoria ya podrían ser vistos como potenciales transmisores de energía. Una vez que, como un campo de naturaleza electrostática lo mismo puede transmitir y establecer energía potencial eléctrica en los hilos conductores, lo que va a producir corriente eléctrica.

El campo eléctrico y el campo magnético en sus naturalezas dinámicas transmiten energía porque son irradiados en forma de ondas electromagnéticas (con diferentes características y funciones afecta la vida). En una cantidad que se encuentra directamente relacionada a la intensidad del campo eléctrico o del campo magnético elevado al cuadrado (que caracteriza la amplitud de la onda elevada al cuadrado). Los campos físicos se sitúan no solamente como agentes transmisores de energía, como también trajeron otra forma de concebir las propias leyes de acción a la distancia: la eléctrica (antes envolviendo apenas la propiedad: carga versus carga); la magnética (antes envolviendo apenas la propiedad: corriente versus corriente); y la gravitacional (antes envolviendo apenas la propiedad: masa versus masa), para de ahí ser repensadas por una acción: propiedad versus campo (es decir, carga versus campo eléctrico; corriente versus campo magnético, y masa versus campo gravitacional) (Ornellas, 2006).

Buscaremos ahora mostrar algunos registros de estudios que inducirían la asociación de los campos físicos como transmisores de energía (de naturaleza: eléctrica, magnética, electromagnética o luminosa, y gravitacional). En 1840, en el desarrollo de la Teoría Termodinámica, Joule y Helmholtz ya habían mostrado evidencias en trabajos independientes que la electricidad es una forma de energía por su relacionamiento con el calor. En 1746, Euler ya había desarrollado una teoría de luz y color en la cual mostraba haber una semejanza entre la luz y el sonido, afirmando que la luz en el éter es lo mismo que el sonido en el aire. Trabajos como lo de Bouguer, que son de la fecha de 1729, se referían a la intensidad luminosa como algo que variaba con el inverso del cuadrado de la distancia de la fuente. Posteriormente, en otro trabajo sobre graduación luminosa, él introduce algunas grandezas como “cantidad de luz”, más tarde identificada como “flujo luminoso” y como “fuerza absoluta de luz”, identificada posteriormente como “iluminación” (Ornellas, 2006).

La descubierta de los rayos infrarrojos (posteriormente denominados de radiación térmica) en 1800 por Herschel, en que se observó con un termómetro ennegrecido expuesto al espectro de la radiación solar que, la temperatura aumentaba en medida que se aproximaba de la extremidad del color rojo, siendo más alta aún más allá del rojo (por una sensibilidad mayor de los medios materiales a la absorción de estos rayos para generar efecto térmico) (Bassalo, 1994, apud *ibid.*). Con la edificación de la teoría electromagnética, Maxwell, más allá de sintetizar el comportamiento del campo eléctrico y del campo magnético y mostrar su interdependencia, también mostraba la naturaleza de la luz como

una asociación de un campo eléctrico con el campo magnético transmitiéndose en el espacio en forma de una onda. No obstante, faltaba que la teoría electromagnética establezca una relación formal entre la intensidad del campo eléctrico y la intensidad del campo magnético con la intensidad de energía transmitida. Esta grandeza fue formalizada por el físico inglés John Henry Poynting en finales del siglo XIX, y fue denominada posteriormente de vector de Poynting. Tiene la función de indicar en el flujo de un haz de luz su dirección de propagación y la intensidad de la energía luminosa que está siendo irradiada en el espacio (Tipler, 2000 apud Ornellas, 2006). Se trata de una grandeza que envuelve la intensidad del campo eléctrico y del campo magnético para representar la intensidad media ( $I$ ) con que se transmite la energía luminosa con el tiempo y por el área frontal a la dirección de propagación del haz de luz (por ejemplo, la intensidad de la radiación solar que llega a la Tierra, en la camada superior de la atmósfera, es de aproximadamente  $1.360 \text{ W/m}^2$ , también denominada de constante solar) (ibid.). En la transmisión de calor por irradiación en calentadores solares y en la generación de energía eléctrica en células solares iremos a utilizar como parámetro la intensidad de radiación solar que llega a la superficie de la tierra (Ornellas, 2006).

## **6 La necesidad de la dimensionalidad y los sistemas de unidades.**

Grandes desarrollos científicos ocurrieron en el siglo XVIII, en el campo de la matemática y en especial en la mecánica racional. Había la necesidad de buscar una equivalencia entre la mecánica vectorial desarrollada por Newton y por sus discípulos ingleses, y la mecánica escalar desarrollada en el continente por Euler y Lagrange. Este hecho ha traído a los pensadores de la época, a una creciente consciencia de la importancia del análisis dimensional. La idea central era de que las fuerzas que fuesen convertibles filosóficamente o físicamente, en una o en otra teoría, deberían tener la misma dimensión física (Elkana, 1977; apud Ornellas, 2006). Con esta preocupación con la dimensionalidad, nace la necesidad de crear un sistema de unidad estándar para ser también usado científicamente. Para fin socioeconómico de interés comercial ya había unidades arbitrarias por diferentes regiones, muchas veces sin relaciones de dependencias entre ellas. Por ejemplo, para la longitud, la pulgada; la de superficie, el Celemín; la de volumen, el galón; y la unidad de peso, la libra (Ornellas, 2006).

Un sistema racional absoluto fue instituido por la Academia de Ciencias de Paris en

1790, el Sistema Métrico Decimal (obligatorio en Francia en 1840 y en Brasil en 1874). Este sistema fue pensado inicialmente para expresar medidas de longitud, superficie, volumen, capacidad, y peso. Se atribuye a Gauss un primer sistema absoluto aplicable a la Física. El sistema decimal extendido a los varios ramos de la Física, el M. Kp.S., trabajaba con el metro para la unidad de longitud, el kilogramo para el peso y el segundo para el tiempo. La masa sustituye el peso como grandeza fundamental con los sistemas C.G.S. (1881) y en el M.K.S. (1902) (Ornellas, 2006). Aún en 1901 el ingeniero eléctrico italiano Giovanni Giorgi introduce en el sistema MKS la unidad de intensidad de corriente (ampere), que se tornó MKSA, removiendo una distinción que aún se hacía en la época entre unidades electrostáticas y unidades electromagnéticas (Bassalo, 1994, apud *ibid.*). Por otro lado, independiente de los sistemas de unidades usuales, para muchas grandezas físicas había la necesidad de establecer un estándar de unidad, como la caloría para expresar la cantidad de la sustancia calórica, hecho que ocurrió en 1858, a través del físico francés Gustave Hirne. Posteriormente, con el calórico no más identificado como una sustancia que se transmitía de un cuerpo para otro, y sí, como energía, continuó a utilizarse esta unidad para expresar la energía (principalmente en la termodinámica, en la físico-química, y en la bioenergética), cuya relación ya había sido determinada por el equivalente mecánico del calor: 1 caloría = 4,18 Joules (Bassalo, 1998, apud *ibid.*).

Con el apareamiento de más grandezas físicas fundamentales en el sistema de unidades MKS, la carga eléctrica, va a presentar como unidad el Coulomb (C) que acrecentaría una dimensionalidad física (Q), mientras que la temperatura como grandeza fundamental, a través de la escala absoluta Kelvin, también nada acrecentaría por el hecho de la temperatura ser definida a partir de la energía cinética. Así, más allá de las dimensionalidades ya existentes para el espacio (L), para el tiempo (T) y para la masa (M), aparecería para carga la dimensionalidad (Q). Sin embargo, eso no ocurre en razón de la carga eléctrica ser definida a partir de la corriente (1 Coulomb = 1 Ampère/segundo), y a su vez el Ampère es definido a partir de la fuerza magnética entre hilos con corriente. De esta forma la carga eléctrica nada acrecienta dimensionalmente, una vez que es descrita en función del espacio, del tiempo y de masa, traídos de la teoría mecánica. De forma que, a pesar de haberse instituido cinco grandezas físicas fundamentales (que con sus respectivas unidades en el sistema internacional sería expreso por la sigla: MKSCK) todas ellas no contribuyen individualmente trayendo una dimensionalidad independiente. Quedando en el sistema internacional de unidades, las grandezas físicas fundamentales y derivadas de la termodinámica, del electromagnetismo y de otras teorías físicas elaboradas posteriormente,

reducibles, la dimensionalidad oriunda de la mecánica: el espacio, el tiempo y de la masa (Ornellas, 2006). Dentro de este histórico del desarrollo de un sistema de unidad estándar, grandezas físicas de las más importantes como la energía, hasta cuando en sus diferentes orígenes, por envolver diferentes propiedades como la carga, la masa y el spin, pasan a ser tratada como una grandeza homogénea. Lo que permite su composición, y consecuentemente establece una relación entre diferentes áreas de la Física y entre diferentes ciencias.

En el inicio del siglo XX, con tantas formalizaciones teóricas establecidas y muchas otras desarrollándose, surge una preocupación aún mayor con la dimensionalidad en el sentido de tanto diferenciar grandezas que venían siendo consideradas como comunes, cuanto de unificar grandezas como las fuerzas y las energías de diferentes naturalezas. El análisis dimensional así pasa a ser de vital importancia para asociar y desasociar grandezas antes tenidas como relacionables y no relacionables. A partir de ahí pasamos a tener un entendimiento más amplio tanto del relacionamiento entre diferentes áreas de la Física, como de la Física con las otras ciencias que venían siendo desenvueltas. En este proceso de integración y diferenciación, la grandeza física- energía, originada en las dimensiones utilizadas en la mecánica: del espacio (L), del tiempo (T) y de la masa (M), asume un papel la dimensión física igual a  $ML^2/T^2$ , y del mismo modo, las diferentes naturalezas de interacción (fuerza) asumen la dimensionalidad establecida en la teoría newtoniana, igual a  $ML/T^2$  (lo que resuelve definitivamente las dificultades traídas por el complejo fuerza-energía en comprensión de lo que debemos denominar de fuerza para lo que debemos denominar energía). Así, cualquier que sea la forma de expresar la energía: térmica, química, biológica, nuclear, luminosa, sonora, entre otras denominaciones, se trata de algo homogéneo que presenta una única dimensionalidad física con origen en la mecánica: la fuerza viva cinética (la energía de tipo cinética) y la fuerza viva potencial (la energía de tipo potencial). La dimensionalidad física reglamentó definitivamente lo que necesitaba en la Física ser considerado como algo común, homogéneo, y compuesto en una asociación de causa-efecto, como es el caso: de las diferentes naturalezas de fuerzas entre sí; de las diferentes naturalezas de la energía entre sí; y de las diferentes naturalezas del momento angular (orbital, magnético y de spin). Un proceso que fue iniciado naturalmente en el curso del desarrollo de la teoría clásica que ocurrió hasta el final del siglo XIX y continuó en el desarrollo de la teoría cuántica en el siglo XX (ibid.).

## **7 La cuantificación de la energía.**

### **7.1 El quantum de energía una idea revolucionaria.**

Max Planck en 1897 estudiando el problema de radiación del cuerpo negro se preocupó en averiguar como la radiación y la materia que interactúa puede alcanzar el equilibrio térmico. Utiliza como fundamentación la teoría clásica de la termodinámica y de la electrodinámica, procurando un enfoque que llevase en consideración los aspectos electrodinámicos de la radiación, que considera la irreversibilidad del proceso y conduce la radiación al equilibrio térmico. La idea en la época fue la de considerar un sistema conservativo, constituida por la radiación electromagnética y por una colección de osciladores armónicos clásicos, que denominó de resonadores. Sin embargo, en el cálculo de la densidad de energía para grandes frecuencias, como la de la radiación ultravioleta, sus cálculos conducían a resultados insatisfactorios (hecho que pasó a ser denominado históricamente de “catástrofe del ultravioleta”). La falta de una justificativa amplia al hecho por la teoría clásica llevó a Planck, en 1900, a proponer una idea audaz, asumiendo que las dificultades en la estabilidad térmica podrían ser resorbidas postulándose la existencia de cuantas de energía finitos y discretos ( $\epsilon_0, 2\epsilon_0, 3\epsilon_0, \dots$ ) (Studart, 2000; apud Ornellas, 2006).

Lo que vino a ser denominado ley de la radiación de Planck, donde un quantum de energía ( $\epsilon_0$ ) fue definido como:  $\epsilon_0 = h.f$ , es decir, algo directamente relacionado a la frecuencia ( $f$ ) de la radiación (que es igual al inverso del período de tiempo), y el ( $h$ ) fue caracterizado como una constante, que posteriormente fue denominada de constante de Planck, cuyo valor determinado es de  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$ . Esta grandeza vino a volverse con el tiempo, un importante parámetro a establecer una separación, es decir, una delimitación cuantitativa entre el universo clásico (el mundo macroscópico donde la energía en los objetos varia continuamente) y el universo cuántico (el mundo microscópico donde la energía varía en porciones discretas). Esa grandeza consigue dar la idea de la dimensión en orden de grandeza de la cantidad de energía que actúa en las transformaciones del microcosmos cuando asociada a la frecuencia de la partícula irradiante. A pesar de Planck no ser un atomista (no haber puesto sus ideas asociadas a una justificativa para la estabilidad atómica). Posteriormente, sus fundamentos introductorios a la idea de cuantización vinieron a ser incorporada para mostrar que la emisión y absorción de la energía radiante por la materia no es un proceso continuo, y si ocurre a través de paquetes

de energía, de forma discreta, a través de cuantas de energía  $E = N \cdot \varepsilon_0$  (con N igual a 1, 2,3...) (ibid.).

En este contexto, Einstein (1905) fue bien más lejos que Planck, para dar continuidad a la cuantización de la energía, una vez que, no se limitó a cuantizar apenas los procesos de emisión y absorción de la radiación, como procedió Planck, pero también cuantizó la propia radiación. Con esto ha traído la hipótesis de los cuantos (plural de quantum) de luz, que fue considerada por muchos historiadores de la ciencia, como una retomada a la naturaleza corpuscular propuesta por Newton en el siglo XVII. El quantum de luz era una partícula constituyente de la radiación electromagnética cuya energía fue definida como,  $\varepsilon = h \cdot f$ . Esa partícula fue posteriormente, en 1926, denominada por el físico-químico Gilbert Lewis de fotón. La luz como fotones se propagaría en el vacío con la misma velocidad que ya había sido definida para la luz como onda. Lo que ocurre es que a través de un espectro de radiación electromagnética cuya variación de frecuencia y longitud de onda se va de la radiación del rayo-x (de alta intensidad de energía) pasando por luz ultravioleta, luz visible, infrarrojo, hasta llegar a las ondas de radiofrecuencia de los medios de comunicación (de menor intensidad energética). La idea de la partícula fotón se mostraba bastante revolucionaria, en razón de la naturaleza de la luz ya descrita y establecida en el electromagnetismo de Maxwell. Sin embargo, la retomada de la idea de la luz como fotones vino a traer de vuelta para la Física una polémica iniciada con Newton y Huygens que a algún tiempo había sido dejada de lado: ¿La luz es onda o partícula? (ibid.)

## **7.2 Efectos descritos por la teoría cuántica de la energía.**

El experimento del efecto “fotoeléctrico” (la transformación más directa de la energía luminosa en energía mecánica) ya había sido observado por Franck Hertz en 1887, pero, solamente después de Planck y Einstein se pasó a tener un dominio claro del porqué de la cantidad de electrones arrancados para fuera de una placa metálica (su energía cinética,  $K = mv^2/2$ ), no depender de la intensidad de luz sobre la placa metálica, y sí de la frecuencia de luz incidente:  $K = h \cdot f - w$ , donde  $w$  es considerada como una “función trabajo” (que representa la característica de la dificultad ofrecida por la superficie por cierto metal en liberar electrones libres). De manera que, un fotón de luz incidiendo sobre una placa metálica, al ser absorbido, consigue excitar el electrón con energía suficiente para quitarlo de la placa en movimiento. Se trata de un experimento pionero para caracterizar la

naturaleza corpuscular de la luz y la excitación de electrones por quantums de luz. En que llevando en cuenta la conservación de la energía se queda caracterizada la ecuación de encima, expresa que:  $h \cdot f = K + w$ . Lo que significa decir que el trabajo que la luz realiza para quitar los electrones en movimiento, depende de la calidad de la energía ( $\epsilon$ ) incidente caracterizada por la frecuencia de la luz ( $f$ ), es decir, del tipo de luz que llega al electrón con capacidad para quitarlo. No es un fenómeno que dependa de la intensidad de luz incidente, cualquier que sea su frecuencia, como era previsto por los adeptos de la naturaleza ondulatoria de la luz. La intensidad del fenómeno, puede si depender de la intensidad de luz (cantidad de fotones que llega por unidad de tiempo y por unidad de superficie irradiada), pero, esto solamente ocurre, a partir del momento que tenemos fotones cualificados para provocar el efecto (Studart, 2000; Orear, 1771; apud Ornellas, 2006).

Con el desarrollo de la mecánica cuántica el parámetro energía pasa a ser utilizado para desenvolver la estabilidad atómica y las propiedades eléctricas existentes en la materia. Esta iniciativa asume grandes proporciones a partir del desarrollo de la teoría de las bandas de la Física del Estado Sólido, en que fueron estudiadas las propiedades conductoras, semiconductoras y no conductoras en sólidos. Este proceso es iniciado en 1928 con el artículo de Bloch, que asumía que los electrones se mueven en una red atómica metálica bajo la acción de un potencial eléctrico periódico unidimensional que es muy mayor que la energía cinética del movimiento de los electrones a través del metal, lo que permitió calcular la conductividad eléctrica del conductor. Otros trabajos se sucedieron en este mismo período a través de Bethe, Peierls, Morse y culminó en 1931 con el trabajo de la conductividad térmica de Wilson que trataba de los estados desocupados de la banda de valencia ocasionadas por la salida de electrones para la banda de conducción (Bassalo, 1994).

Sin embargo, fue Heisemberg, en esta misma época a tratar por primera vez con la idea de huecos (una región de la estructura de la materia cargada positivamente en frente de un “vacío” dejada por la salida del electrón de la banda de valencia). Fue observado que los “vacíos” que se iban quedando próximas al tope de la banda de valencia deberían comportarse como si fuesen electrones cargados positivamente en migración cuando hay la presencia de un campo eléctrico externo. En la continuidad en un trabajo subsecuente, Wilson estudió la conductividad en semiconductores, la que asoció a impurezas intrínsecas que ocurrían en la red atómica, lo que causaba en la estructura atómica de los semiconductores, la aproximación de la banda de energía de valencia o de conexión (prohibida para conducción) de la banda de energía de conducción donde los electrones se

encuentran libres en su movimiento caótico por la red atómica. La organización ordenada observada en los metales y en los semiconductores como el silicio y el germanio, hacía con que la red atómica fuese también definida como una estructura cristalina (ibid.).

Las experiencias que venían siendo desarrolladas sobre las propiedades de la conductividad eléctrica en semiconductores por Wilson y Peierls, entre otros, se desarrollaron en un período de una década, y despertaba el interés de la tecnología electroelectrónica que venía siendo desarrollada para atender inicialmente, principalmente al sector de radio comunicación. Delante de la importancia para la tecnología de dispositivos electrónicos, en sustitución a la utilización de la válvula de descargas eléctricas en gases (diodo y tríodo), el Laboratorio Bell invierte en el desarrollo de nuevos dispositivos electrónicos. En 1945, en trabajos independientes Shockley y Bardeen consiguieron definir los trazos de las impurezas en el semiconductor germanio que funcionaban como “trampas” que pudiesen llevar a una unión rectificadora con una función idéntica al que era efectuado por las válvulas diodos. Pasa a desarrollar a partir de ahí, en los semiconductores silicio y germanio, dopajes, para que estos elementos propiciasen dos tipos diferenciados de conductividad en medios sólidos: la conductividad en materias semiconductores dopados del **tipo-P** (que conducen por huecos considerados portadores de carga positiva, como si fuesen una movilidad de electrones de carga positiva) y la de los materiales semiconductores dopados del **tipo-N** (que conducen por electrones, considerados como portadores de carga negativa) (ibid.).

A partir de este hecho, el efecto transistor se encontraba a un paso, cuando en 1947, Bardeen y Brattain, consiguieron efectuar una unión tripla cuya combinación de los componentes del tipo **P** y **N** (**P-N-P** o **N-P-N**) tenía la función de ser: individualmente un elemento de la base del transistor, el otro la función de colector, y el último elemento tenía la función de ser el emisor, con una función de amplificación de la corriente en la relación emisor-colector (un procedimiento de amplificación semejante ya era desarrollado por la válvula tríodo) (ibid.).

Otro efecto de interés asociado al efecto fotoeléctrico (denominado de efecto fotoeléctrico secundario) es el efecto fotovoltaico (que permite transformar energía luminosa en energía eléctrica). Este fenómeno es provocado en la actualidad en un medio semiconductor cuando sometido a una irradiación luminosa. En que, la absorción del fotón por el electrón en lugar de arrancar los electrones de la superficie se va a generar apenas el efecto inicial de excitar electrones a pasar de la banda de valencia para la banda de

conducción. Un nivel de energía más elevado en que los electrones ganan movilidad para dislocarse internamente de una región para otra del material. La función de excitar electrones en el material es la de aumentar la población de electrones de conducción, inicialmente pequeña en este medio, lo que va a volverlo un medio más conductor, lo que puede permitir el desplazamiento de electrones de una región para la otra del material. El fenómeno de la electrización (separación de cargas: de un lado positiva y del otro lado negativa) ocurre en razón de juntarse dos semiconductores (como, por ejemplo, placas de silicio dopadas con diferentes impurezas) que presentan conductividad eléctrica de características diferentes. Un lado de la unión tiene tendencia para conducir por migración de electrones, denominada del **tipo (N)**, mientras que el otro lado de la unión va a conducir por falta de electrones de conducción, lo que equivale a decir una conducción por huecos o brechas, denominada del **tipo (P)**. La placa fotovoltaica consiste en esta unión de dos elementos hechos con materiales con afinidad electrónica diferente, en que un elemento tiene la facilidad de ceder electrones [el del **tipo (N)**] y el otro elemento de aceptar electrones [el del **tipo (P)**]. En la unión de los elementos (**P-N**), por la tendencia opuesta va a haber espontáneamente la migración, lo que causa una electrización natural frente a los elementos de la célula se encontrar inicialmente neutro. Este proceso de transferencia de electrones no es permanente, habiendo luego una saturación de este proceso de electrización (si no fuese de esta forma tendríamos permanentemente energía eléctrica para utilizar sin requerir una fuente primaria para la transformación de energía). De esta forma, una célula fotovoltaica, cuando fuese puesta para funcionar conectada en circuito externo, habría salida de los electrones del elemento (**P**) y el retorno de electrones al elemento (**N**) que iría a neutralizar rápidamente la electrización espontánea que inicialmente ocurre en toda unión (**P-N**) que compone la célula fotovoltaica. La célula necesita así de una fuente de energía luminosa que dinamice la excitación de electrones para migración [del elemento (**N**) para el elemento (**P**)] que mantiene la electrización. Así, el mantenimiento del fornecimiento de energía eléctrica de la célula para el funcionamiento de un circuito eléctrico exige la alimentación permanente de una fuente de energía primaria (en este caso la energía solar). La placa solar consiste de una composición de varias células [de la composición de varias uniones (**P-N**) asociadas en serie y en paralelo]. Lo que va a depender de la especificación de la tensión y de la potencia necesaria para alimentar los circuitos eléctricos que utilizamos en el día a día (Orear, 1971; Tipler, 2000; apud Ornellas, 2006; Braga, 1987).

Sin embargo, el proceso de obtención de energía eléctrica directamente de la radiación solar es anterior al desarrollo de la teoría de la conductividad en medios sólidos

traído por el desarrollo de la mecánica cuántica. Una vez que, el efecto fotovoltaico ya había sido observado por primera vez en 1839 por Edmond Becquerel. Cuando verificó una pequeña diferencia de potencial en placas metálicas, de platina o plata, sumergido en un electrólito, cuando expuestas a la luz (Bequerel, 1839). Más tarde, en 1877, dos norteamericanos, W. G. Adams y R. E. Day utilizaron las propiedades fotoconductoras del selenio para desenvolver el primero dispositivo sólido de producción de electricidad por exposición a la luz, o sea, la primera célula solar. Que consistía en una película de selenio depositado en un sustrato de hierro y con un segundo filme de oro, semitransparente, que servía de contacto frontal. Su eficiencia en la época era de orden de 1,0 %, llegando a las mismas a ser comercializadas como fotómetros para máquinas fotográficas en los fines del siglo XIX (Fraidenraich et al, 1995).

Solamente a partir de la primera mitad del siglo XX es que la tecnología de las células fotovoltaicas fue mejorada. Lo que ocurrió con el advenimiento de la teoría de bandas de la conducción eléctrica en semiconductores, lo que volvió posible la construcción de células de silicio compuesta por una unión **P-N**. A priori la aplicación de la energía fotovoltaica era apenas para atender al programa espacial. Las aplicaciones terrestres para la energía fotovoltaica, no obstante, sólo fueron ampliamente difundidas en la década de 70, emulsionadas por la crisis energética de la época. En la década de 80, con la reducción de costos de fabricación y la utilización de nuevos materiales, fue posible reducir cerca de diez veces el precio de la energía fotovoltaica. Lo que permitió la introducción de forma competitiva en innumerables aplicaciones terrestres en localidades desplazadas que necesitaban de electricidad. Actualmente, grandes avances han sido obtenidos en el desarrollo de células, como en utilizar superficies anti-reflectoras, trampas ópticas, células bifaciales, células con multi-junción para mejor aprovechamiento del espectro solar y mejorar la eficiencia (donde ya se ha alcanzado una eficiencia volviendo a las células técnicamente y comercialmente cada vez más viables) (ibid.).

El semiconductor más usado en las células fotovoltaicas como elemento básico es el Silicio (*Si*), cuya eficiencia en la conversión de energía luminosa en energía eléctrica varía de 8% a 15% a depender del tipo de silicio utilizado. Sin embargo, existen otros tipos de materiales y tecnologías que vienen siendo utilizadas en la construcción de estas células, como es el caso de las células foto electroquímicas, que utilizan el dióxido de titanio ( $TiO_2$ ), que vienen siendo producidas aún en carácter experimental, pero cuya eficiencia en la conversión ya atinge un porcentual de 20 %. Solamente para efecto de comparación, se

sabe que el proceso bioquímico de la fotosíntesis presenta una eficiencia alrededor de 5%. El módulo o panel fotovoltaico comercializado es compuesto de células conectadas eléctricamente en serie y paralelo. Esta asociación ocurre de acuerdo a niveles de tensión y la potencia necesaria por los circuitos a ser alimentados. Estos dispositivos para ser utilizados son encapsulados para que haya una protección a impactos mecánicos y las intemperies ambientales (ibid.).

Las descubiertas que fueron siendo efectuadas en el campo de estudio de componentes semiconductores fueron vitales para el desarrollo de la microelectrónica. Al propiciar el desarrollo de dispositivos electrónicos (diodos y transistores) con material semiconductor se puede simplificar la producción de este dispositivo en escala industrial y reducir en muchos, el espacio interno de los aparatos electrónicos (como la radio y la televisión) y aún reducir bastante consumo de energía utilizada antes, en los dispositivos que funcionaban la válvula (que también tuvo su costo de fabricación bastante reducido).

El paso más importante hasta la actualidad de la tecnología con semiconductores fue el desarrollo del circuito integrado. Que fue inventado al mismo tiempo, de forma independiente por Jack Kilby, de la Texas Instruments, y Robert Noyce, de la Fairchild Semiconductor, más o menos en la misma época. Kilby fue el primero a mostrar un circuito integrado en funcionamiento, el 12 de setiembre de 1958. La solución de fabricar todos los componentes del circuito electrónico en un único bloque monolítico hecho del mismo material. Hizo con que los costos y la reducción del volumen interno de los dispositivos disminuyesen aún más. Este dispositivo tuvo otros efectos como el de mejorar rendimiento en el consumo de energía, o de reducir costos, y aún el de aumentar el tiempo de vida útil de los dispositivos electrónicos. Robert Noyce, más tarde ayudó a fundar la Intel, cuando presentó su idea de circuito integrado, cerca de medio año después de Kilby. El proyecto de Noyce resolvía algunos problemas de la versión anterior, sustituyendo el germanio, usado en el design de Kilby, por el silicio, que se volvería el estándar de la industria (Bassalo, 1994).

El programa espacial Apolo y el programa de lanzamiento de misiles Minuteman fueron los primeros a beneficiarse de la miniaturización introducida por los circuitos integrados, ya en el inicio de la década de 60. El ordenador de bordo de las naves espaciales Apolo fue el primero a incorporar circuitos integrados. En 1967, Kilby usó su circuito integrado para crear una aplicación bien más civil: la primera calculadora portátil (que podría adicionar, sustraer, multiplicar y dividir), e imprimía el resultado utilizando un

pequeño carretel de papel. Frente a los primeros electro-electrónicos portátiles que empezaban a ser fabricados existió incentivo a la mejora de otros sectores de la tecnología como en el caso de los generadores electroquímicos, las baterías del tipo plata-zinc, que pasaron a ganar más incentivo a su mejora tecnológica (ibid.).

La evolución tecnológica traída por la mecánica cuántica a partir de la teoría de las bandas de los semiconductores posibilitó el desarrollo de áreas técnico-científicas como la microelectrónica y la fotónica. Lo que posibilitó llegar al universo digitalizado de la información que tenemos en el momento. Trayendo grandes avances las telecomunicaciones y la red internet que viene expandiendo su capacidad de almacenar datos y mostrando una rapidez de navegación cada vez mayor.

## **8 La energía de cada día.**

### **8.1 Concepto de energía y su relación con el trabajo.**

Todos los procesos y transformaciones realizados en la naturaleza envuelven cambios de energía, y necesariamente es necesario atender su ley de conservación. Cualquier actividad diaria que realicemos, un trabajo manual, una locomoción, un pensamiento, exige la utilización de energía. A pesar de ser tan concreta su necesidad en el día-a-día para nuestra vida, acostumbramos decir que se trata, en Física, de una grandeza abstracta. Reconocemos una fuente de energía a partir de una interacción (fuerza) entre dos agentes (dos masas, dos cargas, dos hilos con corrientes, entre otras situaciones), y de algunas transformaciones naturales como en las reacciones químicas (reacción de combustión, en fotosíntesis), en las reacciones nucleares (emisión de luz por las estrellas), entre otros diversificados fenómenos naturales. En todas las situaciones, la transformación de energía se encuentra asociada a la capacidad de producir trabajo, en el que mantienen una estrecha ligación con la fuerza (con quien fue muy confundida en el pasado), que ejerce la transformación (dislocamiento, reordenamiento de los átomos en una estructura molecular, entre otras situaciones) (Ornellas, 2006).

A pesar de sus diversas nomenclaturas (energía química, energía biológica, energía nuclear, energía atómica, energía eólica, entre otras), sólo hay dos tipos de energía en la naturaleza: la cinética ( $E_c = m \cdot v^2/2$ ), y la potencial, una energía almacenada de acuerdo con la configuración de los elementos que componen el sistema (por ejemplo, si el elemento es

la: masa, la energía es de naturaleza gravitacional, si fue la carga, la energía es de naturaleza eléctrica). La energía mecánica es la adición de la energía cinética con a energía potencial (de naturaleza mecánica: que puede encontrarse almacenada en una resorte ( $U = \frac{1}{2} K \cdot X^2$ ); almacenada en los cuerpos por la interacción con el campo gravitacional terrestre o de otro cuerpo cualquier ( $U = m \cdot g \cdot h$ ); por la interacción entre dos masas  $U = G (M_1 \cdot M_2) / d$ ). Existen otras naturalezas de energía potencial, como, por ejemplo, en la interacción entre las cargas, la energía potencial eléctrica:  $U = K (q_1 \cdot q_2) / d$ . Por su vez, la energía cinética puede presentarse como una energía de diferentes naturalezas, como la energía térmica (la energía interna de la Termodinámica), que por la teoría cinética de los gases, es dada por:  $E = (3/2)N \cdot K \cdot T$  (que representa la energía cinética media de N moléculas que componen un gas ideal confinado en un recipiente) (ibid.).

Toda transformación de energía (dentro de una misma naturaleza o entre diferentes naturalezas) exige la realización de trabajo (en mecánica definido como el producto de la fuerza por el desplazamiento, que en la termodinámica, va a resultar en el producto de la presión por la variación del volumen, es decir,  $W = P \cdot \Delta V$ ). Aunque existan diferentes naturalezas de energía propuestas en diferentes áreas de la Física y también entre diferentes ciencias, envolviendo diferentes propiedades de la materia (carga, masa, spin de las partículas elementales). Todas ellas se relacionan entre sí, por el hecho de que podemos transformarla de una naturaleza para otra, cupo a la ciencia asumir como dimensión una única naturaleza extraída de su origen en la mecánica. Envolviendo así, la masa (M), el espacio (L) y el tiempo (T). Siendo su expresión dimensional dada por:  $M \cdot L^2 / T^2$  general, es decir, su única dimensionalidad. Esto vale para cualquier que sea su naturaleza y denominación que le sea atribuida (química, biológica, nuclear, sonora, luminosa, térmica) (ibid.).

La energía tiene la capacidad de generalizar diferentes transformaciones en la naturaleza, y es responsable por el análisis de diversificados fenómenos, inclusive para justificar la vida en el planeta. Oriunda de dos tipos de energía propuesto por la mecánica (energía cinética y energía potencial), pudiendo todavía incorporar las diferentes naturalezas de energía ya puestas. Sin embargo, existe un caso especial entre formulaciones existentes: de la energía relativista total ( $m \cdot c^2 = E_c - m_0 \cdot c^2$ ) que puede envolver simultáneamente los dos tipos de energía: la cinética ( $E_c$ ) explícitamente y la potencial implícitamente. También incorpora diferentes naturalezas de energía que puedan existir en la materia (tratándose de la expresión de energía de mayor alcance y capacidad generalista). En esta ruta de

conceptuación de la energía, vale aún apenas efectuar un comentario con relación a la energía del fotón (h.f). Por la Teoría de la Relatividad la energía del fotón es expresa como:  $E_c = m.c^2 - m_0.c^2$ ; con (m) siendo su masa relativista y ( $m_0$ ) siendo su masa de reposo. Pero, por no presentar una masa de reposo ( $m_0 = 0$ ), su energía total es del tipo cinética, es decir  $E_c = m.c^2$  [Al final no podremos concebir el fotón en reposo en ningún medio que se transmita, y en el caso del vacío su velocidad es (c)]. En consecuencia de esto podremos asociar para el fotón, la energía de Planck-Einstein (E) a su energía cinética:  $h.f = m.c^2$  (Orear, 1971; Tipler, 2000, apud Ornellas, 2006).

## **8.2 La energía y los problemas ambientales.**

La vida es regulada por transferencia energética de un ser para otro ser. Como del suelo para las plantas, de los alimentos para nuestro organismo, del sol para la hoja de una planta, de una caída del agua para un generador eléctrico, entre dos placas metálicas diferentes y una solución ácida, del sol para la célula fotovoltaica. Inclusive que, en su desarrollo histórico-epistemológico, la energía sea considerada como algo de nuestra razón mental abstracta, ella se configura muy concretamente, en las situaciones de vida puestas a todo instante. Por su practicidad y alcance en dar respuestas, la energía ha sido muy utilizada para atender a cuestiones complejas. Tales como, ¿Hasta cuando la naturaleza podrá favorecernos en nuestra forma de vivir? ¿Cuáles son los límites en la utilización del suelo, del agua, y de la atmósfera, por mayor que sea la capacidad del planeta en absorber impactos ambientales? (Ornellas, 2006).

El mundo actual no para de incrementar el consumo de petróleo y aún hay la busca de fuentes de energía para generar combustión de origen vegetal (como el alcohol y el biodiesel que traen impactos menores a la atmósfera). Uno de los mayores problemas de la combustión se refiere a la liberación de gases estufas en la atmósfera. El efecto invernadero adicional que viene elevando la temperatura media de la atmósfera en valores significativos. Una vez que, se estima ya haber habido del inicio de la revolución industrial hasta este momento (un período de tiempo alrededor de 250 años), una elevación de temperatura:  $\Delta T = 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$  (lo que correspondería en media a una elevación anual de  $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$ ). En verdad ese promedio no refleja la realidad del consumo actual de combustibles, que debe mantenerse con una tendencia a una elevación exponencial. Llevando en consideración que exista una relación directa con la curva de crecimiento del consumo de combustibles ocurrida en el planeta, desde el inicio de la revolución industrial [Oliveira, 1998; Ornellas, 2006].

De forma que la quema de combustibles fósiles, entre otros gases descargados en la atmosfera, como la emisión de los CFC que interfieren en el ciclo del ultravioleta, se constituye en un problema complejo, interdisciplinario, y de muchas variables a la calidad del medio ambiente atmosférico para la vida. Lo que ha llevado a existir mucha polémica, entre los especialistas en Física Atmosférica, con relación al efecto invernadero, en razón de los impactos que pueden estar causando con alteraciones climáticas significativas y en la cualidad del aire que necesitamos para respirar.

### **8.3 Una alternativa a la emisión de energía degradada.**

Una alternativa prometedora a la reducción de combustión de los coches es la célula-combustible (fuel cell) o pila eléctrica, o aún batería eléctrica, es una tecnología que viene siendo desarrollada en algún tiempo, y se ha mostrado como una fuente limpia de energía eléctrica que podrá traer grandes beneficios en un futuro próximo al medio ambiente. Es capaz de alimentar circuitos residenciales, accionar motores eléctricos en coches, pudiendo sustituir los motores a explosión, entre otras importantes finalidades. La CaCs (células combustibles), es una tecnología que utiliza en su proceso químico la combinación de dos gases, el hidrogeno y el oxígeno, para generar electricidad con una eficiencia que, a depender de la célula, se viene a situar entre 40 a 85 % en la transformación de la energía química en energía eléctrica. Sin embargo, esta transformación, ha exigido internamente condiciones de operación a una temperatura muy encima de la temperatura ambiente, entre 200 a 1.000 K y a una presión igual o superior 3,5 atm. Existen varias tecnologías siendo utilizadas en el desarrollo de este tipo de generador, que busca combinar el hidrogeno con el oxígeno por reacción química, transformando parte de la energía química involucrada en energía eléctrica como efecto útil. Teniendo como producto restante la producción de agua y la liberación de calor (Atkins et al, 2001; Brady et al, 2002; apud Ornellas, 2006).

## **9. Energía y Vida.**

### **9.1 Fuentes naturales de energía en nuestro planeta.**

En la superficie del nuestro planeta estamos sujetos a tres fuentes principales vitales

de energía: la llegada del Sol (que, como veremos, es fundamental para la existencia de la vida y para originar la mayor parte de las fuentes de energía utilizadas por el hombre); el interior de la Tierra, oriunda de desintegración nuclear en la región del núcleo terrestre (responsable por las erupciones volcánicas, vapor de agua de las estaciones termales, ocasionadas por el calor transmitido del núcleo a una temperatura estimada en 1.000 C, para la superficie de nuestro planeta, que presenta una temperatura media atmosférica local alrededor de 20 C); y por último, la interacción gravitacional entre la Tierra y la Luna (que ocasiona el fenómeno de las marejadas) (Oliveira, 1998; Hewitt, 2002; Branco, 2000, apud ibid.).

El sol es casi el único responsable por el equilibrio energético de la Tierra. Delante de la luz solar que nos llega, se estima que 30 a 35 % son reflejados por la atmosfera y mandada de vuelta para el espacio, y el restante tiene funciones definidas. Aproximadamente 47 % de esta energía es absorbida: por la atmosfera, por la superficie terrestre y por los océanos, siendo transformada en calor y determinando la temperatura ambiente; aproximadamente 23% son utilizados en la evaporación, circulación superficial del agua, convección, precipitación, viniendo a constituir el ciclo hídrico. Lo poco que resta, 0,2 %, provoca la circulación del aire atmosférico y apenas 0,02 % es utilizado para provocar nuestra principal función vital, la fotosíntesis, la base energética del mundo vivo (ibid.). Las principales funciones de la energía solar son, provocar el calentamiento de nuestra atmósfera produciendo la circulación entre capas del aire atmosférico (la energía eólica o de los vientos); provocar el ciclo hidrológico o del agua (evaporación, formación de nubes y lluvia), que viabiliza los recursos energéticos hídricos de los ríos; provocar las corrientes Marinas; y aún, provocar el calentamiento diferenciado, causado por la inclinación del eje de rotación de la Tierra, ocasionando el clima entre los dos hemisferios. A pesar de que todos los fenómenos presentados influyen en nuestras condiciones de vida, la principal función de la energía solar para la existencia de la vida es la producción del fenómeno de la fotosíntesis, una reacción química endotérmica que produce compuestos orgánicos, ocasionados por la transformación de energía solar en energía química (ibid.).

La fuente de la energía geotérmica es la radioactividad natural de la fisión de uranio existente en el núcleo terrestre. Existe aún una energía térmica residual que tuvo origen en el período de formación de la Tierra, cuando la energía potencial gravitacional se transformó en calor durante la integración (compactación) de la materia terrestre. En el núcleo terrestre las masas magmáticas calientes pueden alcanzar una temperatura entre

1.000 a 1.200 C. La transmisión de calor del núcleo para la corteza ocurre principalmente por irradiación. Sin embargo, existe la transmisión de calor por convección de la energía geotérmica. Observada en las erupciones volcánicas y en los sistemas de vapor de agua dominante. La subida del vapor del interior para la superficie ha sido usada como fuente de producción de energía mecánica, con el propósito de accionar las palas de la turbina del generador eléctrico y para formar las fuentes de agua termales que traen efectos benéficos a la salud (ibid.).

## **9.2 La energía solar en la biosfera y el ciclo alimentar en la Tierra.**

En la biosfera los seres vivos coexisten en comunidades, en decenas o centenas de poblaciones de diferentes especies dentro de cierto ecosistema (influenciados por factores químicos, físicos y biotipos, entre sí). La existencia de la vida exige un permanente proceso de transformaciones energéticas en el ecosistema. Ocurre debido a la busca de alimento que todo ser vivo necesita para manutención de la vida. En el medio ambiente terrestre la principal fuente de energía primaria para la alimentación es la irradiación solar. Los seres autotróficos como las plantas, se alimentan de sustancias inorgánicas. La presencia de clorofila en las hojas y de gas carbónico (CO) retirado de la atmósfera combinado con la absorción de los fotones de luz (energía solar), va a establecer una transformación de la energía química, a través de la síntesis de moléculas orgánicas que fijan el carbono (C) y liberan el oxígeno para la atmósfera, que en la secuencia va a participar de la respiración. En las plantas, el proceso respiratorio cíclico de la noche para el día, consiste en absorber nuevamente el oxígeno liberado para una reacción de combustión con la glucosa (producida en la fotosíntesis), siguiendo ahora de la liberación de gas carbónico (CO) para la atmósfera (energía térmica degradada, calor contenido en las moléculas del gas carbónico) (Voet, et al, 2000; Branco, 2000; apud ibid.).

La energía solar captada por las plantas se encuentra en la base de la cadena alimentar que va a contribuir para el desarrollo de biomasa. Ocurre que, mientras la energía solar llega continuamente para provocar fotosíntesis, la materia necesita ser constantemente reciclada y reutilizada para la continuidad de la vida. En el proceso cíclico vital, alimentación-respiración, una parte del carbono contenido en las moléculas orgánicas se queda retenida, no entrando en el ciclo, y se constituye en biomasa. Con la muerte, la biomasa que no es atacada por organismos descomponedores, se va a transformar en el

subsuelo, a lo largo del tiempo, en combustibles fósiles (como el petróleo). Un proceso que viene creando reservas desde el inicio de la existencia de vida en la Tierra: una sustancia que aún no conocemos muy bien su función, como en el caso de promover estabilidad al subsuelo evitando grandes tremores de tierra en la superficie. Según la literatura, estamos extrayendo petróleo del suelo tan rápidamente, a punto que en los últimos cien años ya hemos añadido en cerca de 0,04 % la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmosfera. Toda la materia orgánica con vida (de micro-organismos a grandes animales y también vegetales) que existió en la Tierra, se quedó enterrada, y formando inmensos depósitos de compuestos orgánicos, dando origen a las reservas de petróleo, de gas natural y de carbón vegetal, la biomasa fósil. Para efecto de consumo, la energía fósil, como la energía extraída del petróleo, por el largo período de tiempo que lleva su formación es considerada como una energía no renovable, mientras que la biomasa, como la caña-de-azúcar, es una materia orgánica destinada a producir energía renovable (ibid.).

En la bioquímica, la hidrólisis del ATP (transferencia del grupo fosfato directamente para el agua) es la llave de la reacción metabólica por la cual la energía libre es almacenada para ser usada en las reacciones metabólicas de los sistemas vivos. Tiene como reacción espontánea más comunes en los organismos vivos a la conversión (por hidrólisis) de ATP (trifosfato de adenosina) en ADP (difosfato de adenosina) + P (grupo fosfato), que posteriormente es forzado a ser re-acoplado por reacción no-espontánea para formar de nuevo ATP. Este adicional en la variación de la energía en la parte espontánea del ciclo es una de las razones que justifican la necesidad de que los seres vivos tienen de comer para compensar lo que se pierde en este ciclo vital bioquímico irreversible. La hidrólisis es la llave para manutención del metabolismo de los organismos vivos. Es un proceso vital irreversible que ocurre en su todo, siempre con el aumento de la entropía ( $\Delta S > 0$ ). La glucosa contenida en los alimentos se constituye en el combustible sofisticado, una vez que trae la energía que necesitamos llevar para las células (mini-usinas de energía) de forma controlada para activar las moléculas de ATP en su proceso espontáneo de combustión que irá consecuentemente mover el metabolismo de los seres vivos (ibid.).

Existe así una estrecha conexión ecológica entre los seres vivos y el medio ambiente (sol, suelo, agua, atmosfera), que ocurre por una cadena cíclica natural. En este contexto, el hombre contemporáneo, más allá de hacer parte de esta cadena en creciente aumento poblacional, viene interfiriendo y creando un fuerte impacto por su creciente busca por ciencia y tecnología para atender a una necesidad de alto estándar en la adquisición y

reposición de bienes de consumo, más allá de invertir en las facilidades propiciadas por los medios de locomoción y en los placeres del calentamiento y del confort ambiental, lo que viene exigiendo una estimativa de gasto de energía por persona del orden de diez veces mayor que el consumo del hombre primitivo, que presentaba en su época la ventaja para el planeta de tener una población bastante inferior a la actual (Ornellas, 2006).

## **10 El Consumo de energía**

### **10.1 La organización entrópica de la vida y la degradación de la energía**

Por el segundo principio de la termodinámica, el aumento de entropía verificado en las transformaciones energéticas presenta una tendencia para disminuir la disponibilidad de energía útil para desarrollar trabajo mecánico (como es el caso de la absorción de luz solar para ejercer nuestras funciones vitales y el restante ser descargado para el espacio por emisión de infrarrojo). En nuestra vida diaria, existe un flujo espontáneo en la naturaleza de este consumo: de un estado de mayor organización energética (menor entropía) para un estado de menor organización energética (mayor entropía). En los procesos de industrialización, en la agropecuaria, en los medios de transportes, existe una constante transformación de energía disponible para trabajo en energía degradada (calor).

Como ya nos referimos anteriormente, toda la transformación que resulte en vida, de la más simple como un vegetal, hasta al ser humano surge con una parte de iniciativas no espontáneas. El hecho es que la vida necesita organizar ingredientes existentes en la naturaleza que estaban inicialmente en estado de menor orden. El organismo vivo es un proceso de organización entrópica que cuesta al medio ambiente la realización de trabajo, cuyo sueldo final es de un equilibrio energético que resulta en aumento de energía degradada. El organismo vivo necesita luchar contra la degradación entrópica para mantener su propio equilibrio, lo que exige consumo energético, al extraer entropía baja del ambiente y devolver entropía alta ( $\Delta S > 0$ ). Sin embargo, es importante observar que, las plantas verdes, por almacenaren parte de la radiación solar que utilizan para fotosíntesis en su ciclo de carbono, retardan la degradación energética de la luz solar que sería transformada en calor (Voet, et al, 2000; apud ibid.).

## **10.2 La reciente busca por el hombre de energía no renovable para vivir.**

La evolución del consumo de energía por el hombre muestra que en el pasado, hace más de diez mil años atrás, el hombre primitivo, del mismo modo que los animales silvestres quitaban energía del medio ambiente alrededor de 2 Kcal apenas. Era lo suficiente para mantener sus necesidades orgánicas, de alimentación, respiración, excreción, entre otras funciones, utilizando raíces, hojas, semillas y frutos de los vegetales y la carne obtenida por la caza y por la pesca animal. Cuando el hombre aprende a utilizar el fuego como una fuente de energía para el cocimiento alimentar, él facilita su proceso digestivo y gana más tiempo para realizar sus actividades diarias. Esto solicitó un mayor consumo de energía de la naturaleza, una vez que la madera como combustible, por kilogramo de quemada libera 3.100 kcal de calor para el medio ambiente. Así, el hombre como el animal de mayor inteligencia prosperó, se multiplicó, presentando altas tasas de crecimiento poblacional y se fue diferenciando cada vez más de la forma ecológica de vida de los otros animales. Buscó una mayor comodidad ambiental, una mejor calidad de vida, y se distanció cada vez más de su forma de ser primitivo. Este procedimiento ha exigido un creciente consumo (degradación) de energías disponibles al trabajo, que muchas veces llevaron billones de años para ser depositadas en el interior de nuestro planeta [Boa Nova, 1985; apud Ornellas, 2006].

En la sociedad actual, la mayor parte de la energía consumida por el hombre es de origen fósil. Para cada kilogramo de petróleo retirado del subsuelo para combustión son liberados aproximadamente 10.000 kcal de energía térmica para el ambiente atmosférico, un poder calorífico superior al de la madera (1 tonelada de leña es igual a 0,310 toneladas equivalentes de petróleo). Para vivir actualmente, el hombre se utiliza de quemar diariamente el óleo diesel, querosene, gasolina, gas natural, carbón, que son utilizados principalmente en los medios de transportes, en la electrificación residencial y en los medios de producción en general. En una sociedad actual, principalmente del primer mundo, casi todo lo que el hombre utiliza es industrializado, del agua que bebe al alimento que come, a la climatización ambiental de donde vive, se mueve y trabaja. La energía como un parámetro de análisis y controle del costo de este consumo desempeña una función primordial para la economía, para la ecología, para la salud, en el control de nuestra forma de vivir, de alimentarse, de cuidar de nuestro cuerpo, y de evaluar los impactos ambientales causados por la aglomeración del hombre, que optó por vivir en grandes ciudades (ibid.).

### **10.3 El combustible para la máquina térmica cuerpo humano.**

Nuestra alimentación actual es tratada como fuente de energía a través de las calorías utilizadas para expresar el valor energético de los alimentos (utilizando normalmente la kilocaloría, kcal). Una caloría, una unidad de energía definida a partir de la cantidad de calor necesaria para aumentar en un gramo de agua la temperatura de un grado Celsius, o kcal, cuando se refiere al calor para aumentar la temperatura de un quilogramo de agua. La cantidad de calorías que aparece en las etiquetas de los alimentos industrializados es medida por la bomba calorimétrica, donde el alimento es quemado y el calor liberado en la combustión es absorbido por el agua que circula en el sistema. Por ejemplo, en los alimentos, la quema de un gramo de carbohidratos libera 4,1 kcal; un gramo de proteínas produce 5,6 kcal; y un gramo de grasa libera 9,5 kcal (Voet et al, 2000; apud ibid.).

En una dieta alimentar para las personas controlar el “peso”, es decir, su masa, se acostumbra efectuar un equilibrio energético (un equilibrio que envuelve la conservación de la energía) entre la cantidad de energía que necesita quemar para mantener su metabolismo orgánico en funcionamiento en sus actividades normales diarias y la cantidad de calorías que necesita ingerir en su alimentación normal diaria. Nuestro cuerpo, una máquina térmica de combustión, necesita de combustible (las calorías de los alimentos) para mantener su funcionamiento y atender la ley de conservación de la energía y la ley de la irreversibilidad del proceso (que trata de la eficiencia de las máquinas térmicas). Sólo que, si ingeridos a más de lo que nuestra máquina necesita, una buena parte de este exceso, que no es liberado por nuestro aparato excretor, se va acumulando en forma de gordura (y el acumulo de combustible en nuestro organismo genera aumento de “peso”), en niveles que va a depender del proceso digestivo de cada uno. El cuerpo humano consume energía a una potencia de 100 W para funcionar su metabolismo basal (una tasa mínima necesaria para atender las funciones vitales de un adulto en reposo total). Esta energía, como ya nos referimos, es extraída de los alimentos y se modifica químicamente en el proceso digestivo, para después ser llevada por la corriente sanguínea a diferentes regiones de nuestro organismo, y a través de la reacción que envuelve una micro combustión que va a producir el ATP (fuente de energía que pone en funcionamiento todo nuestro cuerpo) (Ornellas, 2006).

### **10.4 Fuentes primarias y fuentes secundarias de energía no consumo.**

Para efectuar un equilibrio del consumo de energía en un determinado sector, es

necesario recorrer en diversas etapas. Se inicia con la energía de consumo primario, yendo para su proceso de transformación (métodos y técnicas), para luego obtenerse la energía de consumo secundaria tratada como el producto de consumo final. La naturaleza anticipa directamente las fuentes de energía primaria para el consumo, como el petróleo, el carbón mineral, el uranio, la energía hidráulica, la biomasa (la caña-de-azúcar, los residuos vegetales, la madera). Sin embargo, industrias cuya producción genera vapor o calor, como las de azúcar y alcohol, pueden ser consideradas como fuentes primarias para los generadores termoeléctricos (Boa Nova, 1985; Oliveira, 1998; BEM, 2003; apud Ornellas, 2006).

Ya la energía secundaria es un producto del proceso de transformación en la forma y con las características que el consumo de energía solicita. Son fuentes secundarias los derivados del petróleo (la gasolina, el óleo combustible, el óleo diesel), el uranio enriquecido, el carbón vegetal, el alcohol, la generación de electricidad. Los sectores de transformación son las refinerías, las destilarías, plantas de gas natural, centrales eléctricas, etc. El consumo final de la energía mueve industrias, transportes, el comercio y demás sectores económicos, la administración pública y las necesidades residenciales. Para llegar al local del consumo final la energía es transportada: por canalización, por líneas de transmisión, por los medios de transportes, lo que normalmente envuelve pérdidas. El consumo directo es aquel controlado por el usuario final, que enciende y desconecta sus aparatos, que controla y planea con una mejor eficiencia el consumo de combustibles y electricidad. Ya el indirecto es lo que viene embutido en la industrialización de producción de consumo, y lo que es utilizado en los servicios públicos (escuela, iluminación pública, hospital etc.) (BEM, 2003; apud *ibid.*).

### **10.5 ¿Existen alternativas al incremento del consumo de energía en el mundo?**

En la organización social actual, un individuo de un país de primer mundo (de clima muy frío en el invierno) utiliza para vivir por año, la cantidad de energía de 10 kcal. En países en desarrollo, en el tercer mundo este consumo llega a ser menor que 2,0 kcal. Los indicadores del mercado de consumo de energía muestran que globalmente el consumo viene creciendo de manera más acentuada. Un hecho que ocurre no solamente en razón del crecimiento poblacional, como también es el resultado de la revolución industrial para la producción en serie de bienes y para la automoción en el sector industrial (ocurrida a partir

de la década de 1950), lo que fue determinante para el incremento del consumo energético (Boa Nova, 1985; Oliveira, 1998; apud *ibid.*). Creemos que el ser humano tiene la capacidad suficiente delante de las eminentes amenazas a la vida de buscar alternativas energéticas y formas más adecuadas de vivir sin retroceder a las formas primitivas de vivir. Con la grande masa poblacional que tenemos y con nivel sociocultural que alcanzamos no es más posible que esto pueda acontecer (Ornellas, 2006).

Aquí concluimos este importante pasaje de la historia de la ciencia a la luz de la energía, asociando la utilización y las consecuencias de las principales fuentes energéticas para la vida. Aún tenemos mucho que saber de este importante concepto físico, que conforme vimos es también de interés y de dominio de otras ciencias. La preocupación actual reside en saber, si aún disponemos de tiempo suficiente, antes que ocurran catástrofes mayores, relativas a desequilibrios ambientales, a fin de conseguir desarrollar tecnología eficiente y adecuada, para disponer energía y atender nuestras necesidades, sin agredir las condiciones más apropiadas que el medio ambiente dispone para mantener nuestra calidad de vida.